

Área que clasifica. -Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental

Identificación del documento. -Versión pública del presente estudio en materia de impacto ambiental.

Partes clasificadas.-Nombre, correo electrónico ,teléfono(s) ,domicilio,RFC, CURP, fotografías, firmas concernientes a las personas físicas identificadas e identificables, diversas al promovente o su representante legal.

Fundamento Legal. - La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en el artículo 116 primer párrafo de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública y 113, fracción I, de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Razones. - Por tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada o identificable.



Firma del titular.- Mtro. Alejandro Pérez Hernández.

Fecha y número del acta de la sesión del Comité donde se aprobó la versión pública.-Resolución **ACTA_14_2023_SIPOT_2T_2023_ART69**, en la sesión celebrada el 14 de julio del 2023.



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

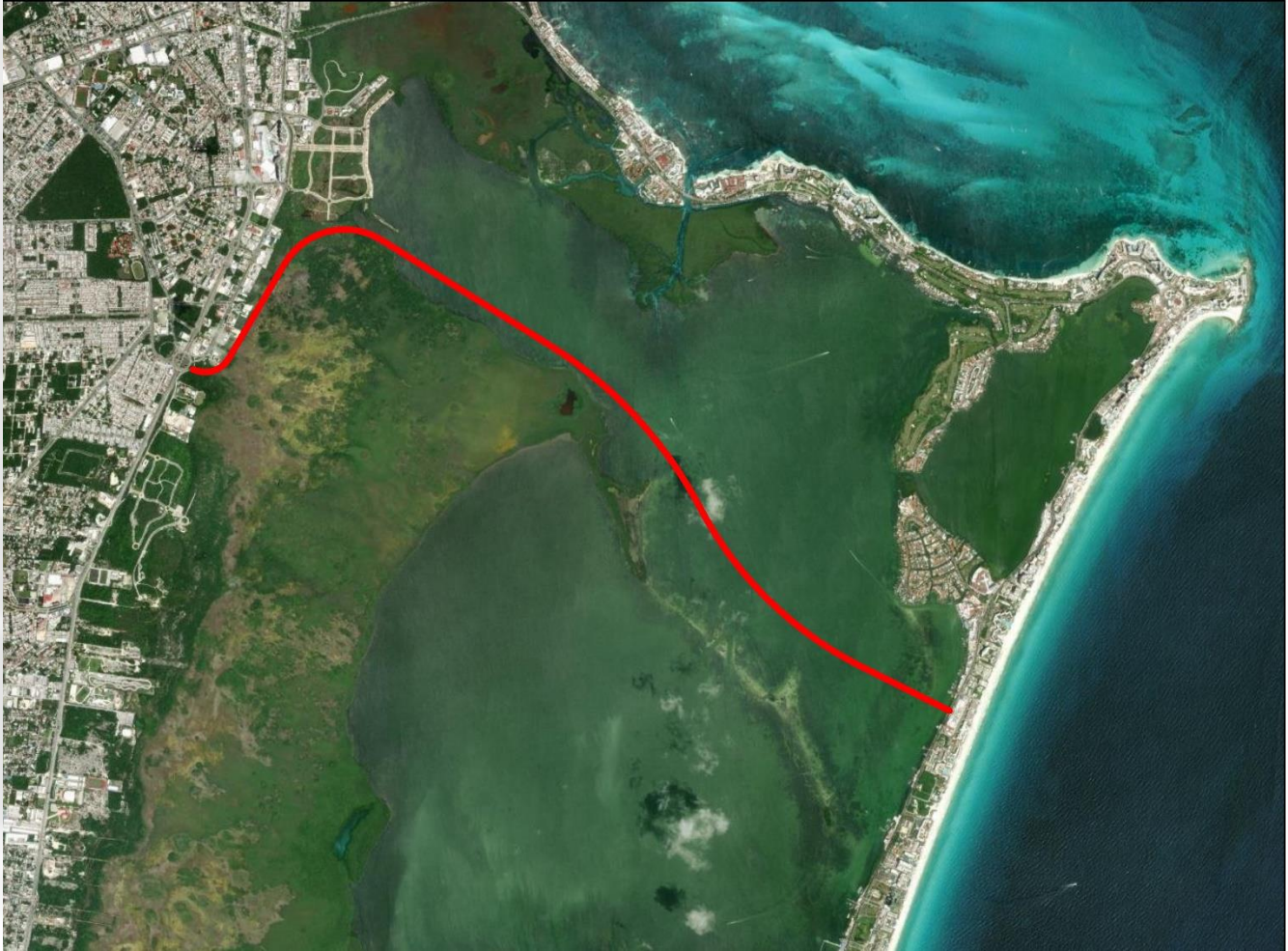
EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECCION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



CAPÍTULO 1

DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

1.1 INTRODUCCIÓN.

De acuerdo al artículo 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA):

“Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente”.

El artículo 13 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación de impacto ambiental (REIA) establece que:

“La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:

I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;

II. Descripción del proyecto;

III. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo;

IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;

V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;

VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;

VII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas; y

VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental”.

En cumplimiento de las disposiciones anteriormente citadas en este capítulo se presentan los datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental del “Proyecto Puente Vehicular Nichupté”.

1.2 PROYECTO.

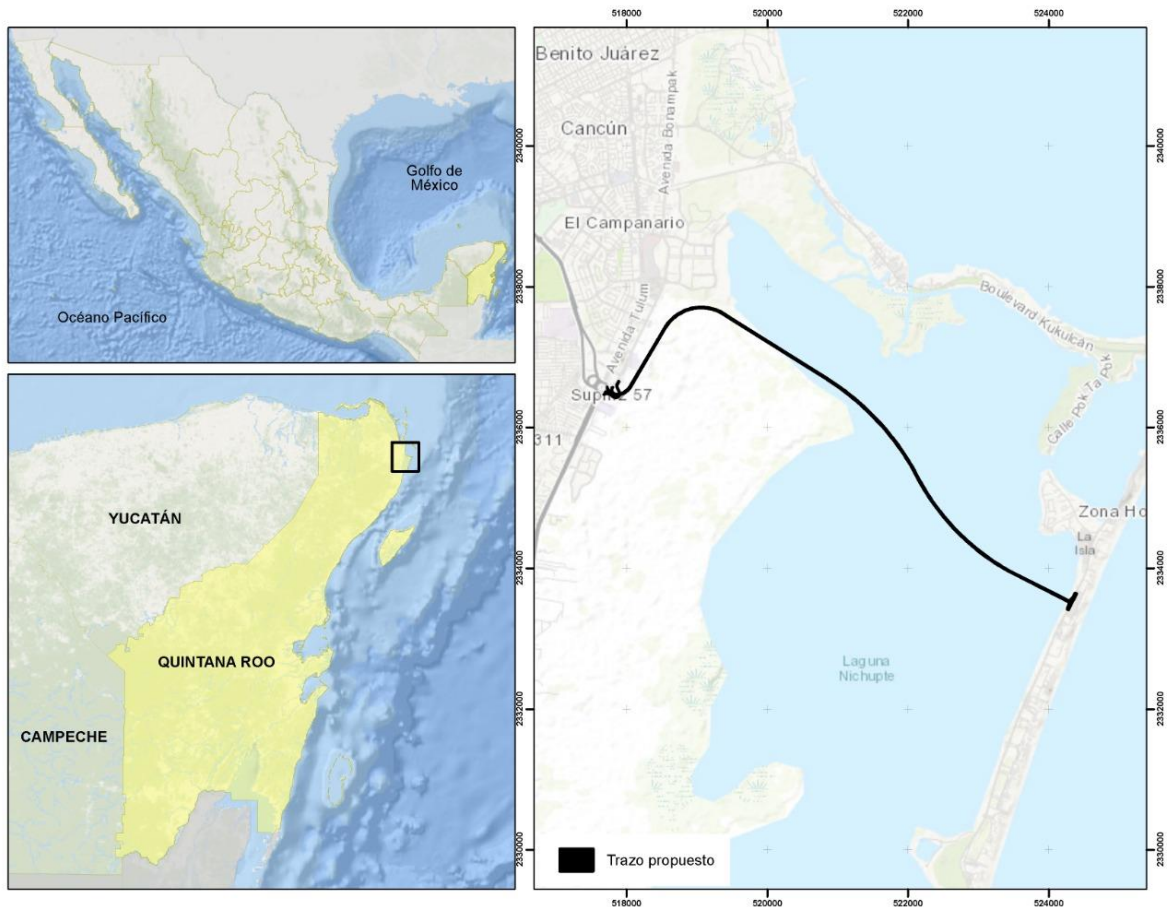
1.2.1 Nombre del Proyecto.

Puente Vehicular Nichupté

1.2.2 Ubicación del Proyecto.

El proyecto Puente Vehicular Nichupté, se localiza en la ciudad de Cancún, municipio Benito Juárez al norte del estado de Quintana Roo.

Figura 1. 1. Localización geográfica del proyecto Puente Vehicular Nichupté.



1.2.3 Duración del Proyecto.

La ejecución del proyecto contempla una duración total de 30 años que incluye unos 6 meses para trámites y permisos, 22 meses para la preparación y construcción del proyecto, y el resto para la operación y mantenimiento.

1.3 PROMOVENTE.

1.3.1 Nombre o razón social.

[REDACTED]

[REDACTED] (Anexo 1.1)

1.3.2 Registro Federal de Contribuyentes del Promovente.

[REDACTED] (Anexo 1.2)

1.3.3 Nombre del Representante Legal.

[REDACTED] (Anexo 1.3)

1.3.4 CURP del Representante Legal.

[REDACTED] (Anexo 1.4)

1.3.5 Dirección del Promovente o de su Representante Legal.

[REDACTED]

[REDACTED].

1.3.6 Dirección del Promovente o de su Representante Legal para recibir notificaciones.

[REDACTED]

[REDACTED]

1.4 RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

1.4.1 Nombre o razón social

[REDACTED]

1.4.2 Registro Federal de Contribuyentes

[REDACTED] (Anexo 1.5)

1.4.3 Nombre del responsable técnico del estudio

[REDACTED]

Director Técnico del Proyecto

[REDACTED]

Coordinadores Técnicos del Proyecto

1.4.4 CURP del responsable técnico de la elaboración del estudio

(Anexo 1.6)

[REDACTED]

1.4.5 Cedula profesional del responsable técnico de la elaboración del estudio

(Anexo 1.7)

[REDACTED]

1.4.6 Dirección del responsable técnico del estudio

[REDACTED]

Tabla 1. Relación de especialistas responsables del diseño del proyecto y elaboración de la MIA-R.

Nombre	Empresa / Entidad	Especialidad
[REDACTED]	[REDACTED]	Caracterización de vegetación y fauna. Análisis de recursos forestales. Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.
[REDACTED]	[REDACTED]	Caracterización de Ambientes Lagunares (Bentos y Necton). Impacto ambiental en ambientes marinos y lagunares.
[REDACTED]	[REDACTED]	Ingeniería costera, hidrogeología, geofísica, procesos costeros y estudios oceanográficos
[REDACTED]	[REDACTED]	Planificación ambiental, evaluación de impacto ambiental, ecología y manejo de la zona costera, supervisión y manejo ambiental de proyectos turísticos costeros y desarrollo sostenible.

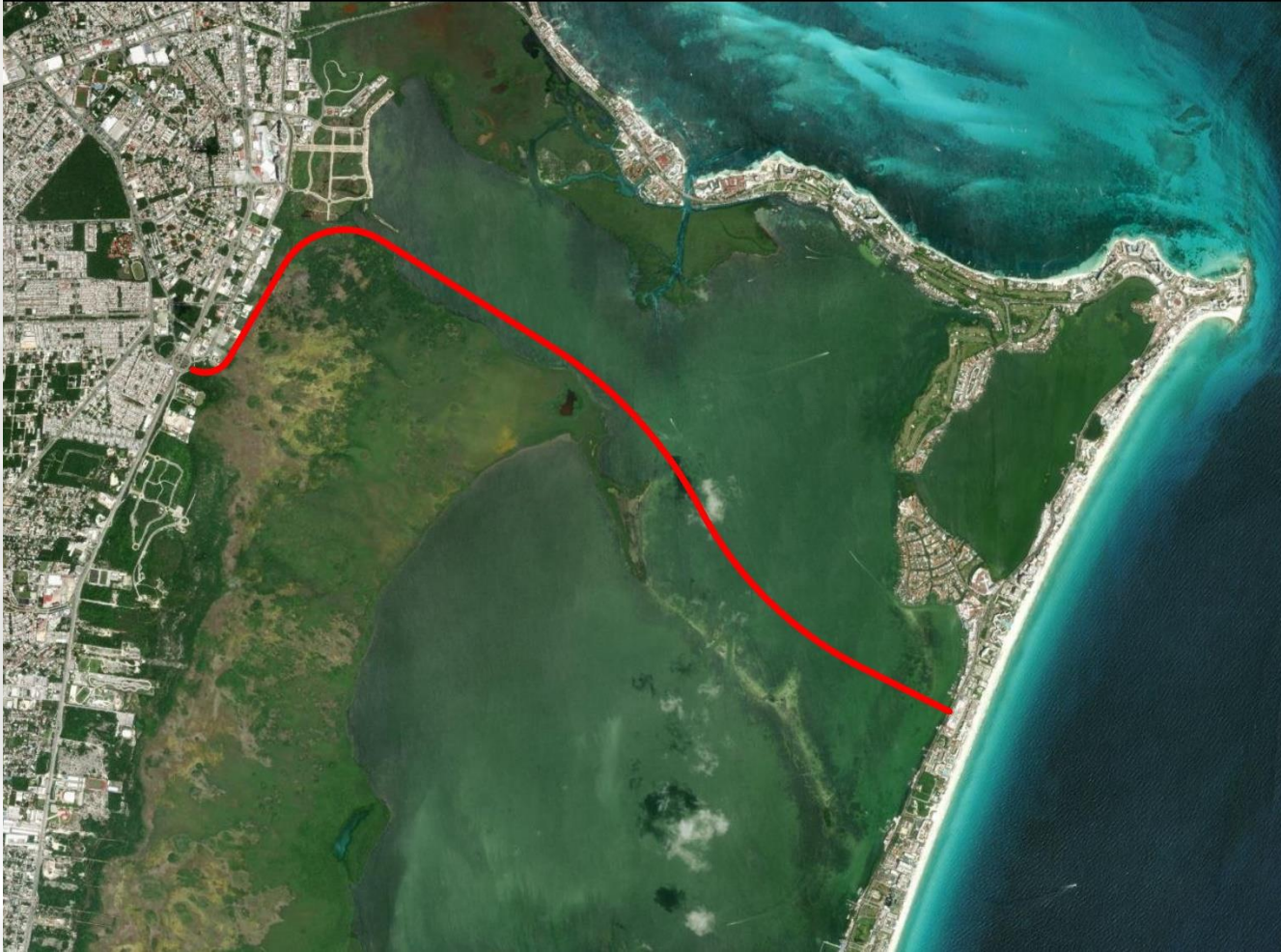
Nombre	Empresa / Entidad	Especialidad
[REDACTED]	[REDACTED]	Geografía, sistemas de información geográfica y manejo de banco de datos
[REDACTED]	[REDACTED]	Evaluación de impacto ambiental, manejo integral de recursos y manejo de humedales de manglar.
[REDACTED]	[REDACTED]	Planificación y gestión ambiental, manejo integrado de recursos naturales, gestión ambiental del proyecto. Ajuste del sistema de manejo y gestión sostenible, coordinación del grupo multidisciplinario.
[REDACTED]	[REDACTED]	Planificación ambiental, evaluación de impacto ambiental, ecología y manejo de la zona costera, supervisión y manejo ambiental de proyectos turísticos costeros y desarrollo sostenible.
[REDACTED]	[REDACTED]	Desarrollo sostenible, manejo integrado de recursos, buenas prácticas internacionales, responsabilidad ambiental y social corporativa.
[REDACTED]	[REDACTED]	Coordinación de la integración del estudio y evaluación de impacto ambiental.
[REDACTED]	[REDACTED]	Derecho ambiental
[REDACTED]	[REDACTED]	Normatividad ambiental y pre factibilidad ambiental del proyecto
[REDACTED]	[REDACTED]	Normatividad ambiental y pre factibilidad ambiental del proyecto
[REDACTED]	[REDACTED]	Descripción del proyecto y proceso constructivo
[REDACTED]	[REDACTED]	Descripción del proyecto y proceso constructivo
[REDACTED]	[REDACTED]	Descripción del proyecto y proceso constructivo
[REDACTED]	[REDACTED]	Descripción del proyecto y proceso constructivo
[REDACTED]	[REDACTED]	Descripción del proyecto y proceso constructivo
[REDACTED]	[REDACTED]	Encargado técnico del Proyecto

Nombre	Empresa / Entidad	Especialidad
[REDACTED]	[REDACTED]	
[REDACTED]	[REDACTED]	Derecho ambiental
[REDACTED]	[REDACTED]	Derecho ambiental
[REDACTED]	[REDACTED]	Derecho ambiental



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En cumplimiento con las disposiciones de los Artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), y el Artículo 12 de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RMEIA), la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) quien es “**La Promovente**” del proyecto, solicita a su H. Autoridad la evaluación y autorización del proyecto “Puente Vehicular Nichupté”, en adelante denominado como “**El Proyecto**”, en materia de impacto ambiental.

2.1. PRESENTACIÓN

El desarrollo de la Ciudad de Cancún y particularmente de la Zona Hotelera (ZHC), se ha caracterizado en los últimos 20 años por un fuerte crecimiento en el sector de la vivienda, el residencial, el hotelero y de servicios asociados. Este crecimiento, demanda infraestructura de comunicaciones que resuelva en forma adecuada la demanda actual y futura.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda del año 2020 realizado por el INEGI (INEGI, 2020) en el Municipio de Benito Juárez existe una población de 911,503 habitantes y de acuerdo con datos de SEDETUR al mes de diciembre de 2019 se ubican 190 hoteles con 37,335 cuartos de hotel distribuidos en la Ciudad de Cancún y la ZHC. Además, de acuerdo con los datos obtenidos de la SEDETUR al 31 de julio del 2021, la ocupación hotelera de Cancún alcanzó el 63.3 % de su ocupación, incluso con la pandemia por la enfermedad COVID-19 causada por el virus SARS-CoV-2.

Muchos de estos habitantes tienen sus fuentes de trabajo en la ZHC. De acuerdo con un documento interno denominado “Rentabilidad Social del Proyecto” (AGEPRO, 2021), el valor del tiempo de los pasajeros que viajan a la ZHC por motivo de trabajo es de \$77.91 y por motivo de placer de \$46.75 pesos por hora. Así mismo, conforme a la Publicación Técnica No. 573 del Instituto Mexicano del Transporte, se obtuvieron los valores de ocupación para vehículos tipo A, B y C.

Además con base en el “Estudio de Tráfico e Ingresos Factibilidad para el Proyecto Puente Vehicular Nichupté” realizado en el año 2020, se calcula que el 61% de las personas que se trasladan a la ZHC son por motivos de trabajo. De este último porcentaje, se puede calcular un promedio de 2.4 pasajeros por vehículo y 23.4 pasajeros por autobús.

De acuerdo con el estudio mencionado anteriormente y realizado en el 2021, el tránsito diario promedio anual (TDPA) en los tramos que se ubican en el Blvd. Kukulcán (Tramo 1, Tramo2A, Tramo 2B y Tramo 3) y que se presentan en la Figura 2. 1 y Tabla 2. 2, en el año 2021, se estiman 135,033 TDPA.

La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la **Tabla 2. 1.**

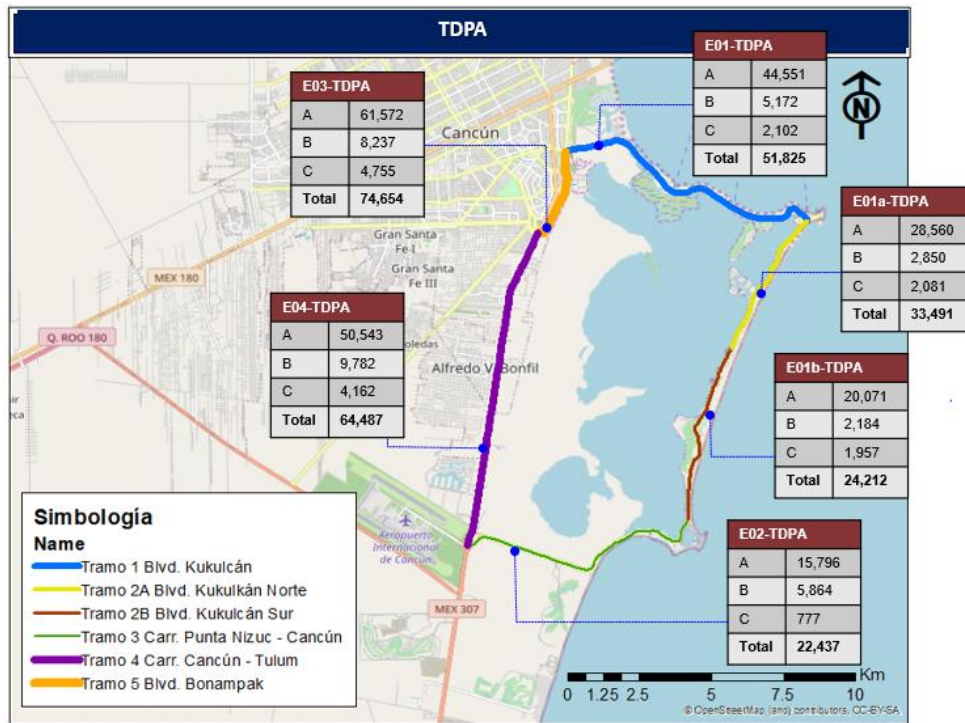
Tabla 2. 1. Configuración del valor del tiempo

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	77.91	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	46.75	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo de trabajo	61.80	%
Número de pasajeros auto	2.41	pas/veh
Número de pasajeros autobús	23.40	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	20.83	ton/veh

Tabla 2. 2. Tránsito Diario Promedio Anual en la ciudad de Cancún.

Tramo	TDPA 2019	TDPA 2021
Tramo 1 Blvd. Kukulcán	51,825	52,653
Tramo 2A Blvd. Kukulcán Norte	33,491	34,428
Tramo 2B Blvd. Kukulcán Sur	24,212	24,894
Tramo 3 Punta Nizuc – Cancún	22,437	23,058
Tramo 4 Cancún – Tulúm	64,487	67,617
Tramo 5 Av. Bonampak	74,654	78,331

Figura 2. 1. Tránsito Diario Promedio Anual en los diferentes tramos del aforo



Fuente: (Tomado del Estudio de Tráfico e Ingresos Factibilidad para el Proyecto Puente Vehicular Nichupté, 2020)

De igual forma existe un flujo importante de turistas que se desplazan a la Ciudad para el disfrute de los servicios que esta ofrece.

Es importante destacar que la ZHC cuenta con una sola zona vialidad de acceso denominada Boulevard Kukulcan. Esta vialidad transcurre a lo largo de la ZH y conecta con la Ciudad de Cancún a través de la Av. Bonampak y con la Carretera Federal No. 307 a la altura del acceso al Aeropuerto Internacional de Cancún (ver Figura 2. 1).

Al ser una única vialidad de acceso, la movilidad de la población y de los turistas se complica de forma creciente. Está se asentúa en temporada de mayor afluencia de turistas.

Otro reto que enfrenta la movilidad de la población y los turistas en la ZHC, se relaciona con la atención oportuna durante: a) contingencias como son las lluvias severas, inundaciones y huracanes y b) accidentes de tránsito y la posibilidad de incendios u otro tipo de contingencias asociadas a temas de salud y seguridad.

La movilización de las personas y bienes de suministro y comunicación, son la columna vertebral del desarrollo económico, la competitividad y el crecimiento inclusivo en América

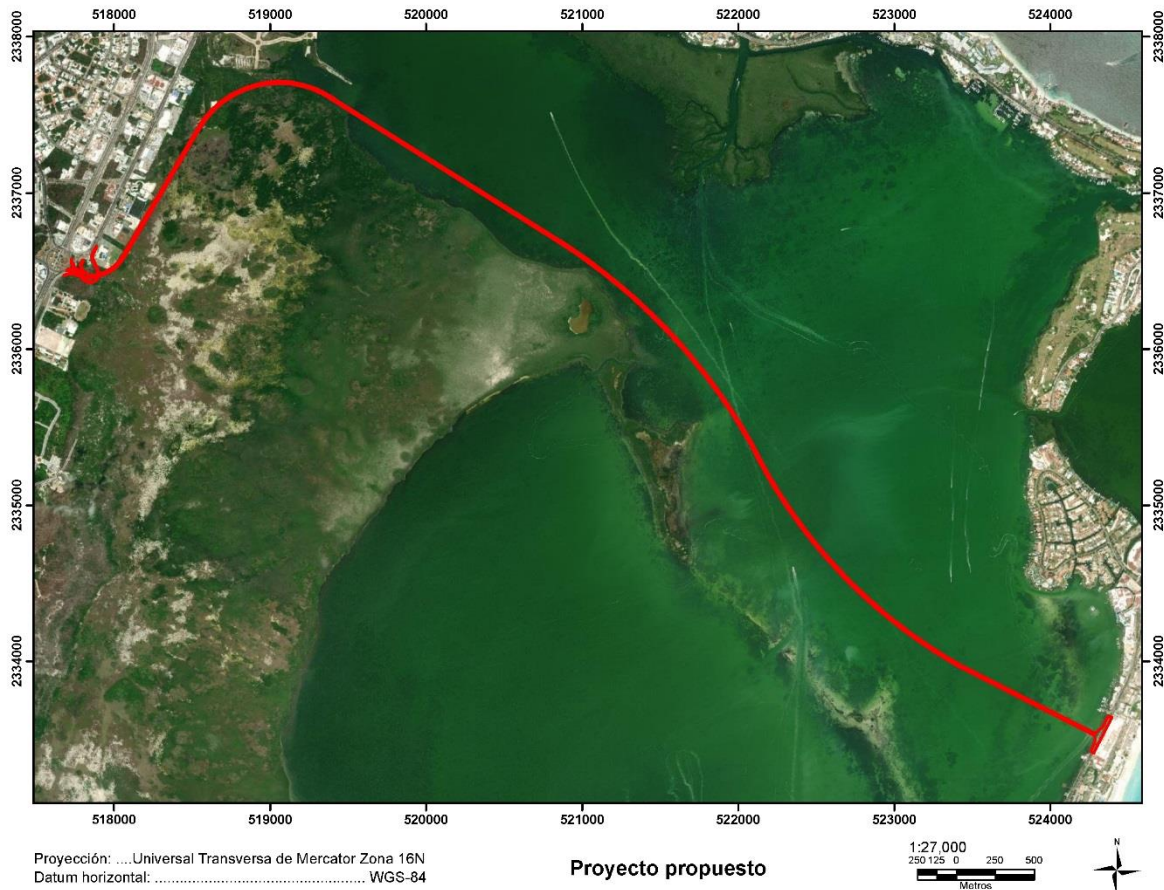
Latina y el Caribe. Desplazar las inversiones en infraestructura hacia un modelo de infraestructura sostenible que tome en cuenta y cubra las preocupaciones de los actores clave y que al mismo tiempo sea consistente con un desarrollo bajo en carbono y resiliente al cambio climático (CC), es fundamental para lograr el nivel de inversión necesario para cubrir la demanda de sostenibilidad y crecimiento (BID, 2018).

En total concordancia con el enfoque antes referido y en alineación con los instrumentos mostrados en la **Tabla 2. 3**, es que elPromovente somete a la evaluación de la SEMARNAT la presente MIA-R para el desarrollo de El Proyecto, que consistente en una vialidad urbana totalmente suspendida en pilas para una velocidad de proyecto de 80 Km/h y una longitud total de 8.80 Km. El proyecto contempla iluminación tipo LED (**Figura 2. 2**).

Tabla 2. 3. Instrumentos de planeación considerados para el diseño e implementación del Proyecto.

Objetivos de Desarrollo Sostenible	Objetivo 9. Industria, Innovación e Infraestructura Meta 9.1. Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.	Fuente: Naciones Unidas, 2018
Plan Nacional de Desarrollo (2019-2024).	Eje 3. Economía. Aliento a la inversión privada	Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2012.
Plan Estatal de Desarrollo 2016- 2022.	Eje 5. Crecimiento Ordenado con Sustentabilidad. Programa 29. Movilidad y Transporte. Programa 30. Infraestructura para el Desarrollo del Estado.	Fuente: POEQROO, 2017
Programa Institucional de Inversión AGEPRO 2016-2022.	Tema 2.- Impulso Inversión Publico-Privada El Proyecto Puente Vehicular Nichupté, esta incluido en la Cartera de Proyectos.	Fuente: POEQROO, 2018

Figura 2. 2. Diseño final del PVN (AGEPRO, 2021).



El desarrollo del “Puente Vehicular Nichupté” fue concebido por el Gobierno del Estado de Quintana Roo, a través de su Agencia de Proyectos Estratégicos (AGEPRO), como un proyecto de reactivación económica para Quintana Roo; desarrollado a través de una Asociación Público-Privada (APP), esquema en el que el sector privado provee la infraestructura y el equipamiento requerido a cambio de una contraprestación.

En este sentido, la AGEPRO, gestionó los estudios y servicios necesarios para el diseño y construcción del Proyecto, prestando especial atención en obtener estudios de línea base y desarrollar los instrumentos de manejo y gestión ambiental necesarios para llevar a cabo el Puente Vehicular Nichupté sin causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas.

Con el objetivo de minimizar costos y afectaciones a los futuros usuarios del Proyecto, el día 29 de enero del presente año, se firmó el CONVENIO MARCO DE COORDINACIÓN DE ACCIONES, integrado por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), el Gobierno del Estado de Quintana Roo, la Agencia de Proyectos Estratégicos del Estado de Quintana Roo y el municipio de Benito Juárez; con el objetivo de que la SICT realice los procesos necesarios para llevar a cabo la ejecución y supervisión de las obras para la construcción del Proyecto, así como que aporte los recursos económicos y realice los estudios complementarios y gestiones para obtener las autorizaciones requeridas para el adecuado desarrollo del Proyecto.

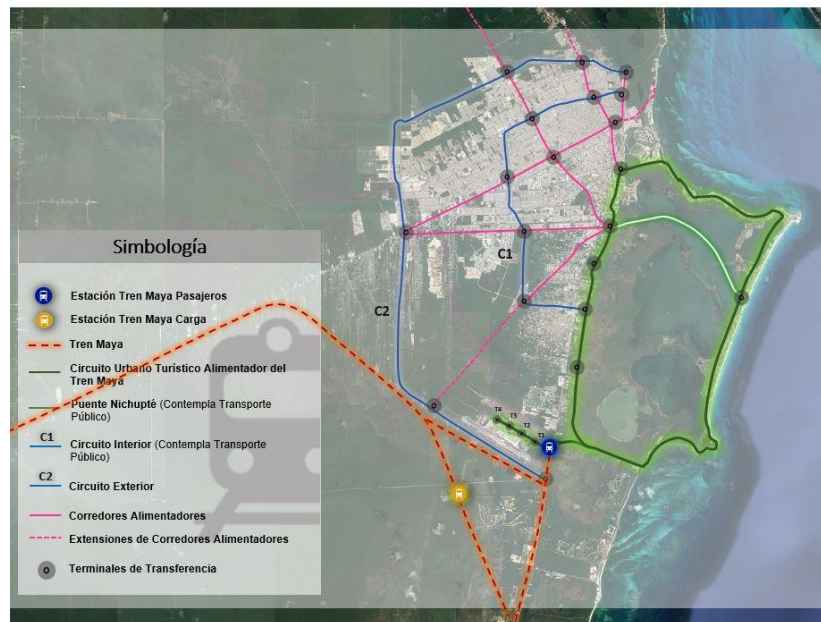
Es fundamental tener presente esta visión y la coordinación de los tres niveles de gobierno, porque el desarrollo de otros proyectos como es el caso del Tren Maya sin duda alguna inducirá un mayor crecimiento urbano turístico en la región y el Municipio.

En la **Figura 2. 3**, se muestra conceptualmente la forma en la que se está planteando enfrentar el tema de la movilidad en la ciudad y ZHC. En este sentido El Proyecto se vuelve una parte estratégica de la solución actual y futura de la movilidad de la región.

El Proyecto fue publicado en 2018 en el portal Proyectos México Oportunidades de Inversión (Proyectos México, 2021) del Gobierno Federal y es considerado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público del Gobierno Federal, como parte de la Cartera de Proyectos.

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (**CONAPRED, 2020^a y CENAPRED, 2020b; Anexo 2.1a y Anexo 2.1b** respectivamente), ha evaluado El Proyecto y reconoce su importancia como un medio para contribuir y atender la movilidad de la población y turistas, en situaciones de emergencia y contingencias ambientales. Al respecto ha emitido una opinión favorable para el el proyecto.

Figura 2. 3. Estrategia Integral de Movilidad Urbana Sostenible para el Municipio de Benito Juárez (AGEPRO, 2020).

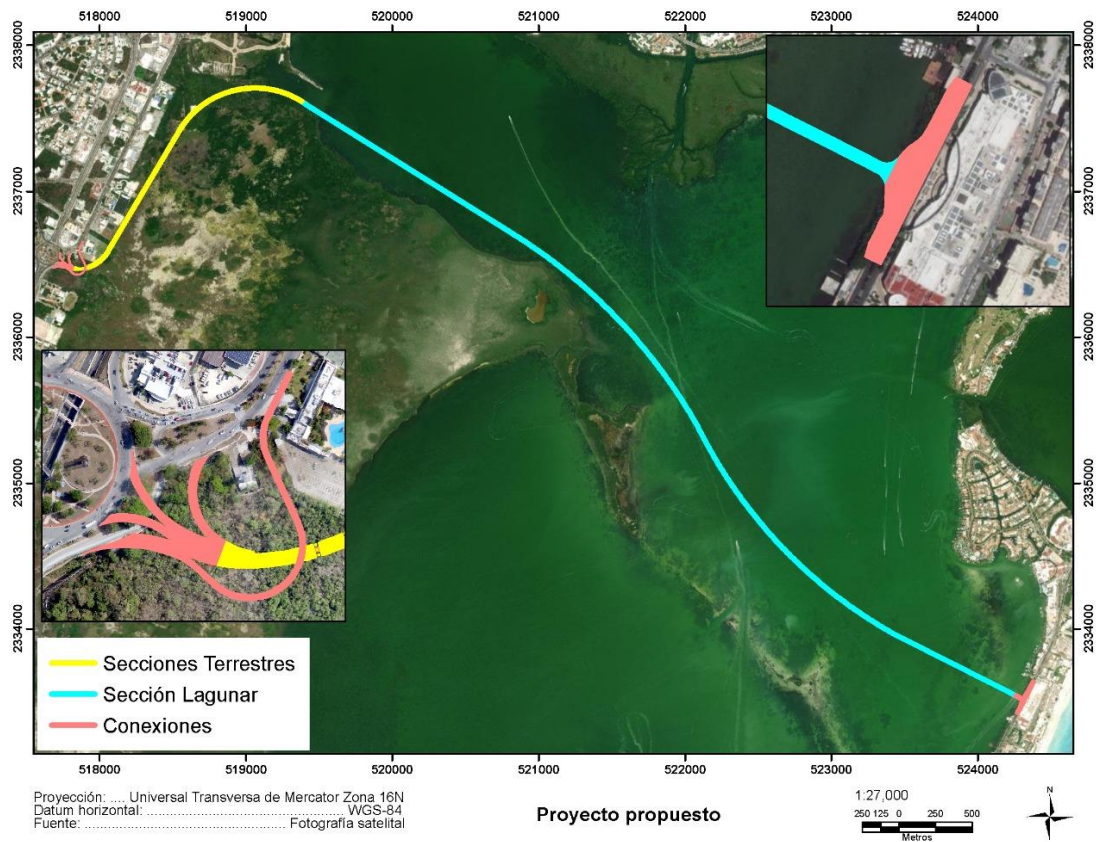


El Proyecto, pretende agilizar e integrar la comunicación entre el centro urbano y la ZHC, mejorando los niveles de servicio y reduciendo significativamente los tiempos de viaje y una menor distancia. Con ello se genera un ahorro en costo generalizado de viaje y una ruta alterna de conexión eficiente entre ambas zonas. El Proyecto se propone como parte de una estrategia para resolver la problemática de la movilidad actual acumulada y la que será generada en los próximos años por el crecimiento socioeconómico de uno de los principales destinos turísticos del país y la que inducirán proyectos que serán implementados por el gobierno federal como es el caso del proyecto “Tren Maya”.

2.2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Como se ha referido, con anterioridad, El Proyecto, es una vialidad urbana totalmente suspendida en pilas y con una longitud total de 8.80 Km. Se ubica en la Ciudad de Cancún, municipio de Benito Juárez, estado de Quintana Roo y se conforma de una sección terrestre y una sección que cruza sobre una porción del sistema lagunar, que conectan la Zona Urbana con la ZHC (Figura 2. 4).

Figura 2. 4. Secciones (terrestre y lagunar) y conexiones del Puente Vehicular Nichupte con la zona urbana y hotelera de Cancún.



El Proyecto contempla dos entronques, el primero ubicado al Oeste o “Zona Urbana” y que conecta con el distribuidor vial Kabah en donde convergen las Avenidas Bonampak, Avenida Rodrigo Gómez y Boulevard Luis Donaldo Colosio. El segundo entronque se ubica al Este o “Zona Hotelera” y que conecta con el Boulevard Kukulkán aproximadamente a la altura del kilómetro 13 (ver Figura 2. 4).

El proyecto es una superestructura de 8.8 km de longitud con un ancho de tablero total de 14.9 m. El ancho de tablero de los entronques con la Av. Colosio será de 5.6 m y en el

Boulevard Kukulcan quedará con los 14.9 m. El Proyecto contempla 220 ejes de apoyo soportados por un total de 660 pilas colocados en una proporción 3:1 (pilas). Los ejes de apoyo contarán con 5 traveses y se distribuyen entre sí a una distancia que varía de 35 a 42 m. Estas distancias pueden disminuir entre los entronques y accesos con la zona urbana y el Boulevard Kukulcan.

La vialidad se ha diseñado para una velocidad de 80 km/h. La sección transversal tipo o base estará conformada por un ancho total de 14.90m, para configurarse de 1 carril por sentido de 3.30m, adicionalmente contará con un carril reversible para formar un ancho de calzada de 10.00m, acotamientos de 2.00m a los extremos y parapetos de 0.45m, la altura de la rasante se adecua a los requerimientos ambientales de los humedales de la zona, en el canal de navegación tendrá una altura mínima de 10.00m (Figura 2. 5 y Figura 2. 6).

Figura 2. 5. Corte transversal del ancho de tablero de la vialidad piloteada.

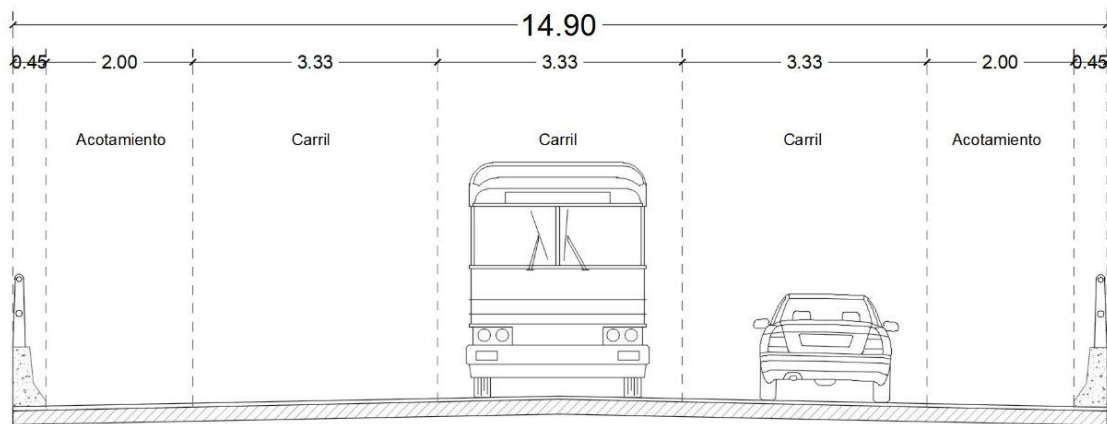
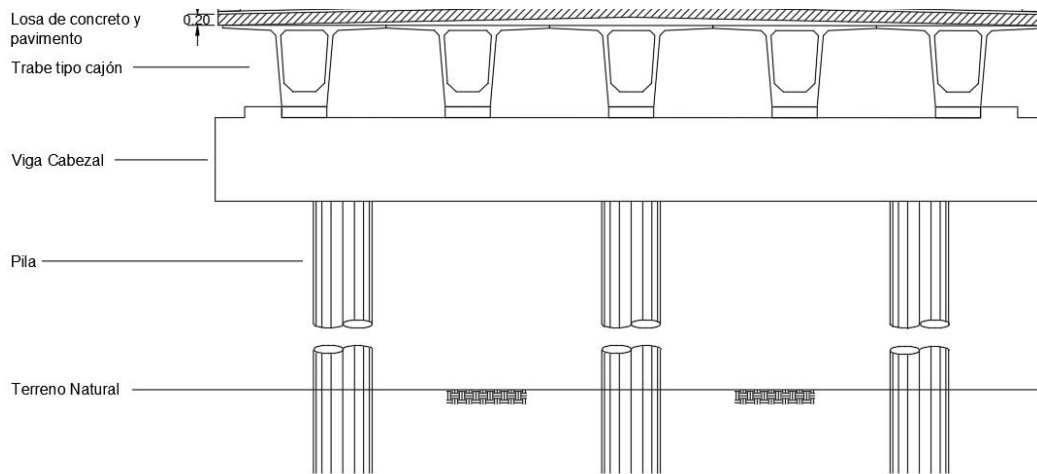


Figura 2. 6. Corte transversal de la estructura que soportará al tablero de la vialidad piloteada.



Las 660 pilas estarán hincadas hasta el sustrato rocoso, la profundidad será determinada por el estudio de mecánica de suelos y geofísica que debe ser realizado para la elaboración del proyecto ejecutivo; tendrán un diámetro aproximado de 1.50 m y la distancia entre sus centros será de 5.4 m.

De las 660 pilas, 483 se ubican en la sección que transcurre sobre la zona lagunar y 177 en la sección terrestre con vegetación de sabana, manglar, de selva baja y secundaria (ver Figura 2. 4).

Considerando el diámetro de las pilas y el proceso constructivo seleccionado (de bajo impacto) que se describe más adelante, es posible concluir que la superficie de aprovechamiento total por la colocación de las 660 pilas es de 1,164.37 m², de la cual 845.03 m² corresponde a la sección lagunar por la colocación de 483 pilas y de 319.34 m² en la zona terrestre por la colocación de 177 pilas.

La altura de la vía piloteada es variable. La altura máxima en la sección lagunar sobre el nmm es de 10 m de acuerdo con el alineamiento vertical en el eje de apoyo de las pilas para permitir el libre tránsito de las embarcaciones mayores.

La altura del puente sobre la sección terrestre al oeste asciende hasta los 14.40 m de gálibo horizontal (espacio libre) del puente. En el acceso este, el puente desciende hasta el nivel natural del terreno. La altura de la superestructura en la sección terrestre, particularmente

en la zona del humedal de manglar, esta prevista tenga una sobreelevación sobre este tipo de vegetación de 3 m para disminuir el efecto de sombra y con ello disminuir el correspondiente impacto ambiental.

El diseño del proyecto, su procedimiento de construcción y operación, están alineados y congruentes con diferentes instrumentos de planeación. Atiende a los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS), de manera particular al Objetivo 9. Industria, Innovación e Infraestructura, con la Meta 9.1 Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.

A nivel estatal, el Gobierno del Estado de Quintana Roo plantea en el Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022, el Eje 5. Crecimiento Ordenado con Sustentabilidad, contemplando el Programa 29. Movilidad y Transporte y el Programa 30. Infraestructura para el Desarrollo del Estado, el cual incluye como principal elemento la implementación del proyecto (POEQROO, 2017).

Para resolver el problema de la movilidad actual y futura en el área de interés, el Gobierno del Estado de Quintana Roo, a través de la AGEPRO, estableció un Programa Institucional de Inversión 2016 – 2022 y en el Tema 2. Impulso Inversión Público – Privada, también tiene previsto el desarrollo del proyecto en su cartera de inversión (POEQROO, 2018).

En atención al Inciso III del Artículo 13 del RMEIA, se identifica que El Proyecto está ubicado en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo y el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez. Además, se encuentra colindante y en el área de influencia indirecta del Área Natural Protegida (ANP) Zona de Protección de Flora y Fauna Laguna Nichupté.

Como se referirá más adelante en esta sección, El Proyecto considera zonas temporales de afectación por procesos ligados a la construcción como son: área de precolado, patio de maniobras, plataformas de trabajo y camino de obra, entre otras.

2.3. NATURALEZA DEL PROYECTO

2.3.1. MARCO TÉCNICO DE REFERENCIA

Para poder entender y atender la problemática de movilidad vehicular en la Ciudad de Cancún, en abril de 2021 la AGEPRO realizó un estudio de Rentabilidad Social del Proyecto, a través del cual se concluye que la construcción del Puente Vehicular Nichupté mejorará la movilidad de la Red Vial Relevante analizada y se tendrá una mejor accesibilidad a la zona hotelera, disminuyendo los tiempos de traslado y costos de operación, potencializando la competitividad turística en uno de los centros turísticos más importantes del país (AGEPRO, 2021).

El proyecto permitiría generar beneficios sociales para los usuarios de la vialidad; al contar con la infraestructura vial que genere rapidez, fluidez y seguridad vial, lo que conlleva ahorro en sus Costos Generalizados de Viaje.

Se contará con una infraestructura apropiada que contribuya a la mejora de la movilidad, tanto para viajes locales como foráneos.

Se tendrán los siguientes beneficios:

- Ahorros en costos del tiempo de los usuarios
- Ahorros en costos de operación vehicular
- Mejora en la fluidez de la Red Vial.
- Operación más segura para los usuarios, al reducirse significativamente la posibilidad de accidentes.
- Contribuir a la disminución de la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI)
- Contribuir a la conservación y restauración de ecosistemas y especies ambientalmente sensibles del SAR.
- Fortalecer la seguridad de los residentes y turistas de la zona turística ante situaciones de contingencias ambientales.

Cabe mencionar que, la ciudad de Cancún es uno de los destinos turísticos más importantes del país. De acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez (PMDU-BJ), la movilidad turística en el municipio, se ha mantenido en constante crecimiento desde el año 2010 y superando la emergencia sanitaria coyuntural registrada en el 2009 por la presencia del virus de la influenza H1N1.

Como se menciona en el PMDU-BJ, Cancún como destino registró una afluencia de poco más de 4.7 millones de turistas en el año 2017. De acuerdo con registros obtenidos de la Secretaría de Turismo del Estado de Quintana Roo, a través de la base de datos "DATAUR", en el año 2018 se registró un aforo aproximado de 8.5 millones de turistas, siendo el segundo sitio más visitado en el país, y el primer lugar entre los centros turísticos de playa.

El PMDU-BJ al año de su publicación, menciona que la infraestructura turística se compone de 35 mil 549 cuartos hoteleros, que en el 2017 registraron una ocupación promedio de 78% con una estadía promedio de 5.2 días, los cuales en su mayoría se localizan en la Zona Hotelera de la ciudad de Cancún.

Cabe mencionar que, los datos del 2020 al 2021 en cuanto al crecimiento del sector inmobiliario y turístico deben ser tomados con reserva por la temporal desaceleración que se ha generado por los efectos de la emergencia sanitaria provocada a nivel mundial por el SARS-COV2. Sin embargo diversas fuentes plantean que la recuperación de las tendencias en el crecimiento a nivel global y en Méxco, estén re-encausandose a partir del 2022 (American Express, 2021 y Expedia Group, 2020).

Se estima un promedio aproximado de 15,600 turistas al día, sin contemplar el turismo local, entre la Zona Urbana y la Zona Hotelera. La única ruta existente entre el centro de la Zona Urbana y la Zona Hotelera de Cancún se da mediante el Blvd. Kukulkán en su tramo norte, la cual es su única vía de conexión. Esta vialidad, presenta un TDPA de 52,978 vehículos, presentando horas de saturación de las 7:00 a las 10:00 horas, por la mañana y de las 17:00 a 19:00 por la tarde, situación que conlleva a altos tiempos de traslado. El Blvd. Kukulkán, es una vialidad de 2 carriles por sentido con camellón central, el tráfico colapsa normalmente en temporadas de lluvias y huracanes, generando inundaciones que bloquean la comunicación entre ambas zonas. Asimismo, en el trayecto del Blvd. Kukulkán, existen semáforos y diversos cruces peatonales lo cual conlleva a inminentes detenciones en el trayecto provocando bajas velocidades, llegando a presentar saturación en horas pico; en dicho periodo los vehículos ligeros desarrollan velocidades de 33.8 km/h.

Actualmente el gran número de vehículos que circulan en horas pico y las condiciones físicas y operativas que se tienen el Boulevard Kukulkán en la ZHC, ocasionan que los usuarios experimenten un nivel de servicio deficiente, se generen sobre costos importantes

para la población por el incremento en el consumo de combustible, así como el impacto ambiental a la calidad del aire que provocan las emisiones de GEI .

2.3.1.1. MARCO AMBIENTAL DE REFERENCIA

Como se describe en el Capítulo 4 de la presente MIA-R, el Sistema Lagunar Nichupté (en adelante denominado como **SLN**) donde se pretende el desarrollo del proyecto, se ubica en una región que desde el punto de vista ambiental, hidrológico, geomorfológico y socioeconómico, tiene particularidades que tienen que ser consideradas adecuadamente para que el diseño e implementación del proyecto, no comprometa los ecosistemas y recursos naturales presentes y que sea compatible con los procesos naturales propios de los ecosistemas lagunar estuarino, manglares, pastos marinos y fauna lagunar asociada, entre los principales. El diseño del proyecto tiene que demostrar que no afecta su estructura y funcionamiento ambiental, así como los bienes y servicios ambientales que estos ofrecen.

Desde el punto de vista ecológico, el SLN, forma parte de un ecosistema lagunar estuarino que mantiene una comunicación permanente con la zona marina adyacente (con la que intercambia materia y energía), a la que se asocian en su porción terrestre, importantes ecosistemas de humedales de manglar y de agua dulce con influencia mareal, así como de selva baja subperennifolia. Fisonómicamente se desarrollan en el litoral del SLN, Manglares de Tipo Borde con predominancia de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y en la parte continental posterior manglares tipo cuenca con presencia de las 4 especies (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*).

La presencia de manglares, aunado a las condiciones ambientales de la vegetación acuática sumergida (pastos marinos) existente en el SLN, los relictos dunarios de la barra arenosa que delimita al sistema (sobre la cual se ha desarrollado la ZHC), así como la presencia de sistemas arrecifales en la zona marina adyacente, infieren al sistema en su conjunto, características ambientales de gran relevancia y al mismo tiempo, de fragilidad que no pueden ser comprometidas por el proyecto ni por el sector urbano y turístico que actualmente genera influencia ambiental sobre estos importantes ecosistemas.

Dado el valor ambiental y socioeconómico de los humedales y de algunas porciones del sistema estuarino, fue decretado el 26 de febrero de 2008 el Área Natural Protegida, en la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna – Manglares de Nichupte (DOF, 2008). El Proyecto se ubica fuera de ella, pero a través de su diseño, proceso constructivo y las

medidas de mitigación y compensación ambiental se garantizará la no generación de impactos que la comprometan desde el punto de vista ambiental.

El diseño e implementación del proyecto para tener viabilidad legal, debe dar cabal cumplimiento a los diferentes instrumentos de política ambiental, leyes y normas que resulten aplicables. En el Capítulo 3 se presenta la vinculación legal de dichos instrumentos. Cabe la pena destacar que entre los principales están:

- Área Natural Protegida Manglares de Nichupté (DOF, 2008).
- Acuerdo de Coordinación para el Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región denominada Sistema Lagunar Nichupté (DOF, 1996).
- Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (POELM-BJ) (POEQROO, 2014).
- Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018 – 2030 (PMDU-BJ) (POEQROO, 2019).
- Artículo 60 Ter de la Ley General de Vida Silvestre (LGVs) (DOF, 2014).
- NOM-022-SEMARNAT-2003 (DOF, 2003).
- NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010).

El SLN y el sistema de humedales asociados, ha sufrido el impacto ambiental (acumulativo y sinérgico) de la zona urbana y turística por diversas causas como son:

- El tratamiento inadecuado de las aguas residuales que ha provocado niveles de contaminación de agua, sedimentos y biota importantes en el SLN.
- El asolvamiento y eutroficación del SLN por el vertimiento de aguas residuales.
- Afectaciones a la calidad del agua y por tanto al SLN y a los pastos marinos asociados por la resuspensión de sedimentos provocados por el tráfico de embarcaciones y proveedores náuticos.
- Contaminación del agua y del ecosistema por derrames accidentales de combustibles, aceites y residuos sólidos producidos por las embarcaciones.
- Remoción y relleno de vegetación (manglares, selva, humedales dulceacuícolas de influencia mareal) por obras asociadas al desarrollo urbano
- Entre otras.

2.3.1.2. FUNDAMENTOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO.

Ejes Rectores y Principios de Sostenibilidad

Tomando como base el valor ecológico y socioeconómico de los ecosistemas y recursos naturales involucrados en la zona de influencia del proyecto, la problemática ambiental existente en la región y las necesidades que existen en la zona de interés para resolver el tema de la movilidad, es que la SCT ha planteado para el diseño e implementación del proyecto, las premisas y ejes rectores que en materia de sostenibilidad se presentan en la Tabla 2. 4.

Tabla 2. 4. Premisas establecidas para el diseño y desarrollo sostenible del proyecto Puente Vehicular Nichupté.

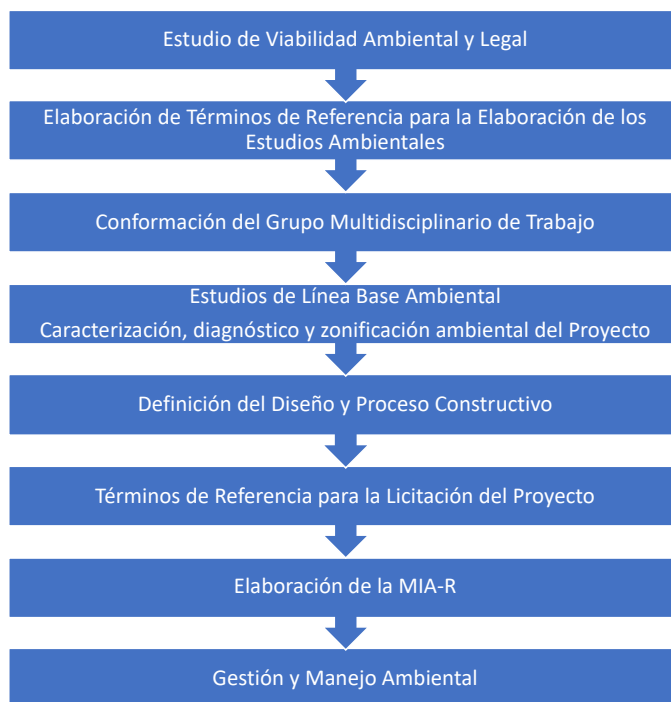
Ejes rectores	Premisas y políticas
AMBIENTAL	1. El diseño y proceso de construcción y operación, no deben comprometer la estructura y función de los importantes ecosistemas y recursos naturales existentes en su zona de influencia.
	2. El proyecto no debe generar impactos ambientales en el ANP Manglares de Nichupté y el Sistema Ambiental Regional (SAR).
	3. El proyecto debe contribuir a la conservación, restauración y mejoramiento de ecosistemas y especies ambientalmente sensibles o con algún grado de perturbación en el SAR y el ANP.
	4. El proyecto debe contribuir a la disminución en la generación de GEI y apoyar la mitigación y adaptación al cambio climático.
	5. El diseño de la infraestructura debe ser resiliente a los impactos y tensiones que los fenómenos hidrometeorológicos y el cambio climático pueden generar en el proyecto.
	6. El proyecto debe generar medidas que no sólo compensen los impactos ambientales negativos esperados, si no que contribuyan a la conservación y mejoramiento de los ecosistemas presentes en su zona de influencia..
	7. El proyecto debe limitar todo tipo de contaminación durante su proceso de construcción, operación y mantenimiento.
	8. Aplicar tecnologías en el diseño y proceso constructivo que garanticen la menor huella ecológica y fragmentación de los ecosistemas.
	9. El diseño del proyecto debe ocupar preferentemente áreas impactadas, perturbadas o de menor valor ambiental.
SOCIAL	10. El proyecto debe disminuir en forma integral, el problema de movilidad y de tránsito en la región.
	11. La infraestructura planteada debe contribuir a la modernización de la conectividad en la zona turística más importante del país.
	12. El proyecto debe contribuir a mejorar la calidad de vida de la población y los turistas en su zona de influencia, al disminuir los niveles de contaminación auditiva y atmosférica.

	13. La vialidad contribuirá en la disminución del tiempo que se invierte en los traslados desde y hacia la zona turística.
	14. La vialidad debe fortalecer la seguridad de la zona turística ante cualquier contingencia ambiental o de origen humano.
ECONÓMICA	15. El proyecto debe contribuir a mejorar la productividad y la economía de la región.
	16. La infraestructura debe utilizar los recursos de manera eficiente y transparente.
	17. La inversión planteada para el proyecto, debe ser sostenible desde el punto de vista financiero
LEGAL	18. El proyecto debe asegurar el cumplimiento del marco ambiental legal y normativo aplicable.
	19. La infraestructura vial debe cumplir con el marco legal y normativo en materia urbana aplicable.
GOBERNANZA	20. El desarrollo del proyecto, debe generar confianza en la gobernanza a través de un proceso de toma de decisiones transparente, responsable e inclusiva de las autoridades involucradas en el desarrollo del proyecto.
	21. Apoyar la toma de decisiones informada e inclusiva para garantizar que los procesos involucren de manera efectiva a los diferentes actores involucrados en la región (SAR).
	22. El proyecto deberá estar alineado a los ODS y a los criterios de Infraestructura Sostenible de agencias u organizaciones en la materia.
	23. La obra planteada debe considerar la implementación de buenas prácticas ambientales para la conservación y el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas.

2.3.1.2.1. Estrategia para el Diseño y Gestión del Proyecto

Con la finalidad de orientar la sostenibilidad del proyecto, la promovente considero la implementación de una “Estrategia Integral para el Diseño y Desarrollo Sostenible del Proyecto Puente Vehicular Nichupte” (EIDDS-PVN). En la Figura 2. 7 se simplifica la estrategia referida.

Figura 2. 7. Estrategia Integral para el Diseño y Desarrollo Sostenible del Proyecto Puente Vehicular Nichupte. Tomado de GPPA 2019.



Estudio de Viabilidad Ambiental y Legal

Para la primera etapa de la EIDDS-PVN, la promotora consideró la elaboración de un Estudio de Viabilidad Ambiental y Legal para determinar la factibilidad de desarrollo del proyecto y en su caso las medidas o ajustes para cumplir el objetivo (ICA, 2019).

Derivado del estudio de viabilidad, se identificaron los temas técnicos, ambientales, sociales y legales relevantes necesarios de estudiar para poder orientar el diseño y desarrollo del proyecto. Al respecto la promotora preparó los términos de referencia para la elaboración de dichos estudios y para conformar el grupo multidisciplinario de investigadores y empresas de consultoría ambiental con experiencia demostrada para su realización.

Los temas técnico ambientales identificados como los más importantes para ser analizados en detalle en el presente estudio de impacto ambiental son:

- Caracterización, ecología y manejo de ecosistemas lagunares-estuarinos.
- Caracterización, ecología, diagnóstico ambiental y manejo de ecosistemas de manglar.

- Caracterización, ecología, diagnóstico ambiental y manejo de ecosistemas de pastos marinos.
- Caracterización, ecología y manejo integral de la zona costera.
- Caracterización y manejo de recursos forestales.
- Caracterización y manejo de flora y fauna terrestre y acuática.
- Caracterización y manejo de recursos geológicos e hidrogeológicos.
- Caracterización y diagnóstico de procesos costeros e hidrodinámica.
- Caracterización y diagnóstico de calidad del agua y contaminación de zonas costeras.
- Evaluación de impacto ambiental de proyectos costeros.
- Rehabilitación de zonas costeras.
- Percepción remota y sistemas de información geográfica.
- Atención a los aspectos sociales, culturales y de comunicación.
- Diseño, ingeniería y construcción de obra pública y vialidades urbanas.
- Planeación, gestión y desarrollo de proyectos estratégicos de movilidad, desarrollo urbano e infraestructura.
- Derecho y normatividad ambiental. Diagnóstico y análisis de vinculación sobre la aplicación de instrumentos de política ambiental, leyes y normas técnicas a proyectos de desarrollo.

En la Tabla 1 del Capítulo I de esta MIA-R, se presenta la relación de los especialistas designados como los responsables de la elaboración del estudio de impacto y los responsables de la elaboración de los estudios de caracterización y diagnóstico ambiental.

Estudios de Línea Base Ambiental

Los estudios de caracterización y otros considerados en el presente estudio, conforman la Línea Base Ambiental (LBA) de referencia, que permiten generar los insumos del estudio de impacto ambiental. En los Anexos del Capítulo 4 se presentan para el análisis de la DGIRA, los resultados de los estudios de LBA referidos.

Definición del Diseño y Proceso Constructivo

Una vez realizados los estudios de LBA, la promovente procedió a definir el trazo del proyecto y el proceso constructivo-operativo que signifique el menor impacto ambiental

posible. Para ello estableció una serie de criterios y condiciones que se detallan en la Tabla 2. 4 presentada anteriormente.

Elaboración de la MIA-R.

Con base en los estudios de LBA y los criterios establecidos por la promotora para el desarrollo del proyecto (Tabla 2. 4), es que se ha orientado el diseño y proceso de implementación del proyecto, así como la presente MIA-R.

Gestión y Manejo Ambiental.

Como se describe en el Capítulo 6 y en el caso de que la SEMARNAT autorice el proyecto, la promotora plantea un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS) para prevenir, mitigar, compensar, supervisar y monitorear los impactos ambientales que potencialmente serán generados en las diferentes etapas de implementación del proyecto.

A lo largo del presente capítulo se describen: a) el diseño del proyecto y los criterios utilizados para ello, b) la tecnología utilizada para su proceso de construcción y c) el proceso de operación y mantenimiento.

2.3.2. Justificación y selección del sitio

Como se ha mencionado, la ZHC cuenta con: a) una sola vialidad de acceso denominada Boulevard Kukulcan. Esta vialidad transcurre a lo largo de la ZH y conecta con la Ciudad de Cancún a través de la Av. Bonampak y b) una conexión con la Carretera Federal No. 307 a la altura del acceso al Aeropuerto Internacional de Cancún. Las necesidades para el desarrollo del proyecto fueron expuestas con anterioridad.

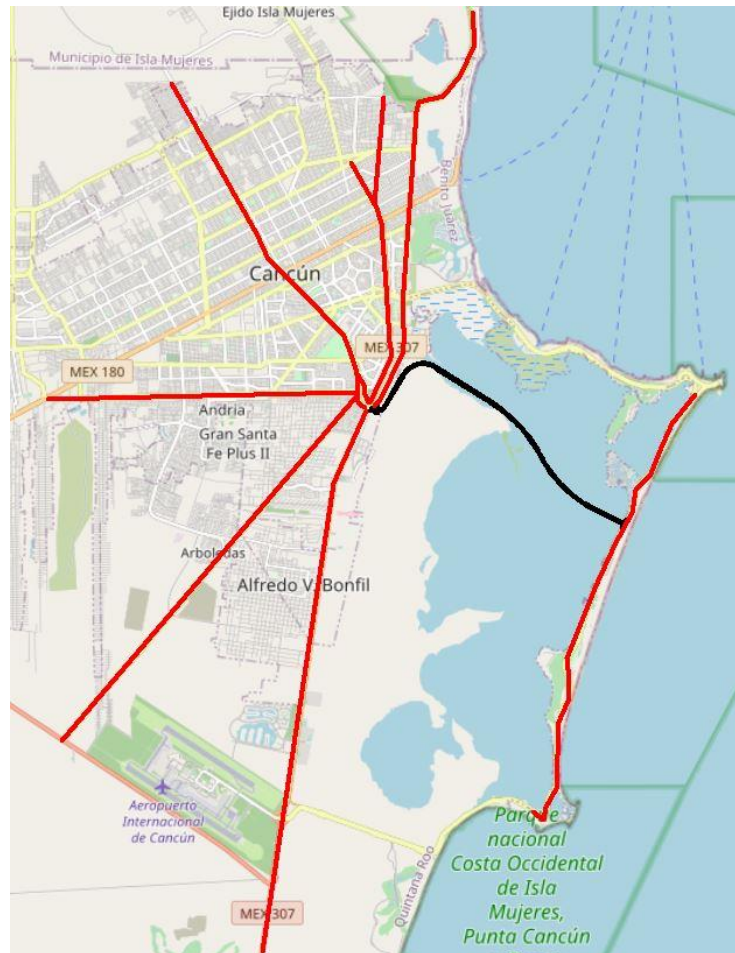
En este sentido El Proyecto se vuelve estratégico al conectar la zona hotelera con el principal distribuidor vial de la ciudad de Cancún como lo es el distribuidor Kabah en donde convergen las Avenidas Bonampak, Avenida Rodrigo Gómez y Boulevard Luis Donaldo Colosio.

La justificación, razones y criterios de la selección del sitio para el desarrollo del proyecto en lo general y la selección de los dos puntos de conexión de El Proyecto y su trayectoria sobre el SLN para resolver el problema de la movilidad en la Ciudad de Cancún y la ZH son las siguientes:

Urbanas

El Proyecto, se localiza en un nodo de confluencia de 6 de las avenidas más importantes de la ciudad (Tulum, Bonampak, Kabah, Huayacán, Cancún y Blvd. Luis Donaldo Colosio), generando una estructura radial que conecta con prácticamente todos los sectores urbanos (Figura 2. 8).

Figura 2. 8. Conexión del Proyecto con las avenidas Tulum, Bonampak, Kabah, Huayacán, Cancún y Blvd. Luis Donaldo Colosio.



Se analizaron 3 sitios para el entronque, con relación a elementos físicos, funcionales y operativos, como la traza vial, condiciones topográficas, importancia del nodo vial, nivel de servicio vial, movilidad interurbana, corredor urbano, inundaciones, consolidación urbana, entre otros. De esta forma, la opción más viable para desarrollar la conexión resultó ser el Distribuidor Vial (opción A Figura 2. 9).

Figura 2. 9. Ubicación de sitios de análisis de los entrocues.



Es importante señalar que, la opción C (ver mapa) tiene, además, el inconveniente de requerir el paso sobre el polígono del proyecto Tajamar, en el cual no se puede dar autorización de obras, debido a una resolución judicial al respecto. Por otro lado, con base en el resultado del análisis de ubicación del entronque antes mencionado, así como en los criterios de alejarse de los límites del Área Natural Protegida Manglares de Nichupté y no fragmentar el humedal, el trazo, de la zona urbana hacia la hotelera, hace una curva cóncava para incorporarse al cuerpo lagunar con dirección general sureste. Fue necesario hacer estas adecuaciones de trazo, no obstante que representan costos extras, en razón de procurar el menor impacto ambiental posible, de acuerdo con las recomendaciones de las autoridades y expertos.

La conexión en zona hotelera se prevé en el kilómetro 13 del Boulevard, a la altura de la Plaza Kukulkán, la cual es uno de los primeros centros comerciales de Cancún. Se espera que tenga un impacto positivo en la reactivación del área del entronque, que genere un mayor dinamismo en la zona al ayudar a mejorar las actuales condiciones de tránsito y

congestionamientos en las zonas de mayor aglomeración, además, que signifique otra opción de desplazamiento para disminuir la vulnerabilidad ante eventos potencialmente catastróficos.

Movilidad

Considerando la dinámica de viajes realizados en la zona de estudio, se identifica la Zona Hotelera Norte y el Centro de Cancún como los principales polos, tanto atractores como generadores de viajes.

Las velocidades presentes en la región son las típicas de una zona urbana, por lo cual cerca de intersecciones importantes, como la formada por Av. Bonampak y Blvd. Kukulcán, las velocidades son muy lentas e impactan directamente en los recorridos que realizan los principales usuarios potenciales del proyecto.

En la parte sur de la zona urbana de Cancún se registra un menor número de flujo vehicular. En la parte Norte-Centro se observa un mayor flujo y se comprueba con los niveles de servicio más bajo en las vialidades.

El nivel de servicio de la carretera Tulum-Cancún y Boulevard Kukulcán es menor en el tramo Norte, que es el principal acceso a la zona turística, en la parte sur los niveles de servicio de los tramos viales presentan un mejor nivel de servicio.

En la situación con proyecto, aumenta el nivel de servicio de los tramos viales de la parte norte del boulevard Kukulcán y carretera Tulum-Cancún, sin embargo, se encuentran dentro del límite de su capacidad vial.

Pensando a largo plazo, el proyecto puede permitir un flujo vial y un intercambio mayor entre la zona urbana y la zona hotelera que aquel que existe hoy en día.

Riesgos Naturales

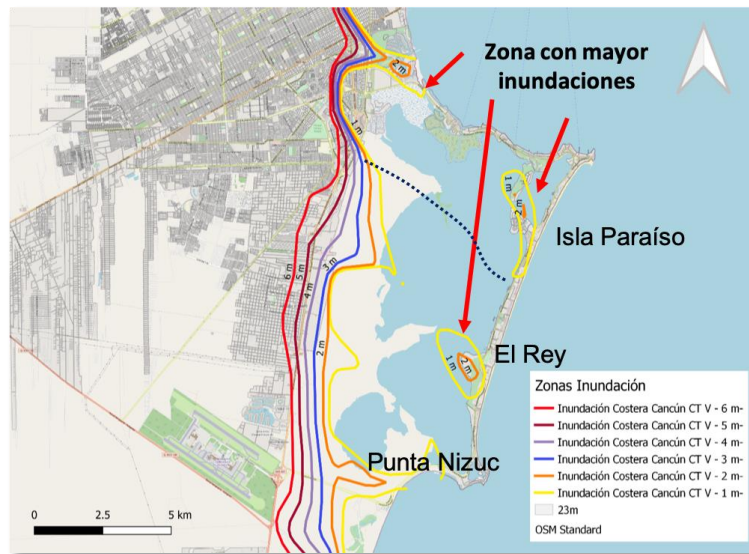
El CONAPRED ha evaluado El Proyecto y reconoce su importancia como una vialidad estratégica para contribuir y atender la movilidad de la población y turistas, en situaciones de emergencia y contingencias ambientales. Al respecto ha emitido una opinión favorable

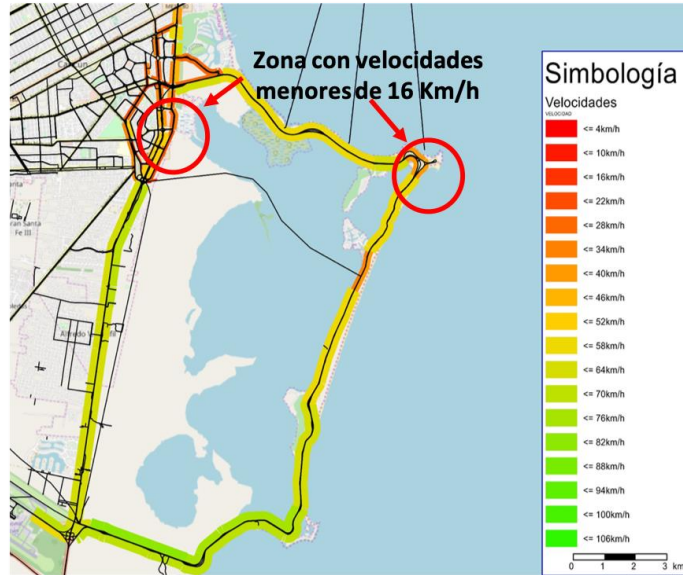
para El proyecto (CENAPRED, 2020). Las razones que comparte en cuanto a la correcta ubicación del proyecto son:

... De acuerdo con la información proporcionada sobre los estudios de flujos vehiculares y movilidad, que arrojan como resultado una mejora, podría considerarse benéfico en materia de protección civil, debido a que haría más eficientes los procesos de evacuación de la zona hotelera, especialmente ante la proximidad de un fenómeno meteorológico...

En la Figura 2. 10 se muestran las zonas con mayor susceptibilidad a inundaciones en el destino turístico por sus condiciones topográficas y las zonas con mayor complejidad para el tránsito de vehículos por las baja velocidad de los mismos (Anexo 2.3. Evacuación Kukulcan).

Figura 2. 10. Condiciones de inundabilidad y de velocidad de vehículos en la zona urbana y turística de Cancún (AGEPRO, 2020).





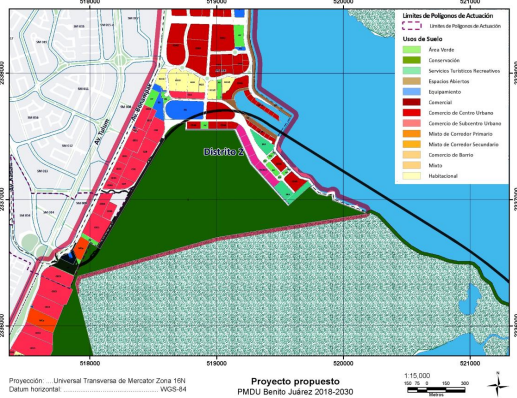
Legales

Como se ha mencionado previamente, con base en sus respectivos análisis y estrategias de planeación, los tres niveles de gobierno, tienen previsto y programado en la región, el desarrollo del proyecto, motivo de este estudio, para resolver la problemática de movilidad en la región a través del:

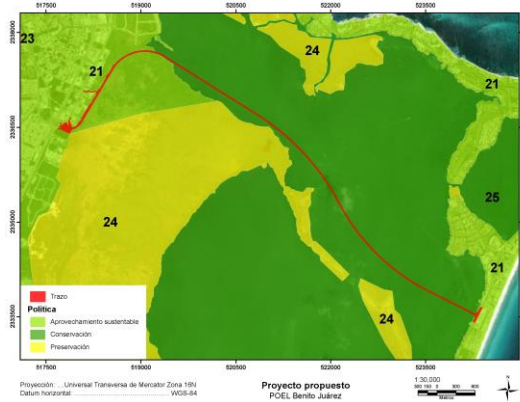
- Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022 (POEQROO, 2018);
- Estrategia Integral de Movilidad Urbana Sostenible para el Municipio de Benito Juárez (AGEPRO, 2020);
- Programa Institucional de Inversión 2016 – 2022 de la AGEPRO (POEQROO, 2019);
- Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez (POEQROO, 2019);
- Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (POEQROO, 2014).

Todos estos instrumentos coinciden generalmente en los sitios de conexión (Av. Bonampak a la altura del distribuidor vial Kabah con la ZHC entre los Km 13 y 14) y tienen algunas variaciones en su trazo (Figura 2. 11).

Figura 2. 11. Instrumentos de planeación territorial que consideran el Puente Vehicular Nichupte para resolver el problema de movilidad en la Ciudad de Cancún.



Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez



Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Benito Juárez

Es importante destacar que en el caso de Estrategia Integral de Movilidad Urbana Sostenible para el Municipio de Benito Juárez (Figura 2. 3; AGEPRO, 2020) y del Programa Institucional de Inversión 2016 – 2022 de la AGEPRO (POEQROO, 20019), estos instrumentos plantean resolver la movilidad entre la zona urbana y la ZHC previendo las tendencias del crecimiento urbano y los efectos sobre dicho crecimiento que tendrá el Tren Maya. Los detalles del análisis de vinculación al marco legal se detallan en el Capítulo 3.

Ambiental

Tomando como referencia los criterios para la selección del sitio antes referidos y la EIDDS-PVN que incluyó el Estudio de Viabilidad Ambiental y Legal (ICA, 2019), así como los estudios de LBA (Anexos del Capítulo 4), fue posible confirmar que la ubicación de los sitios de conexión del proyecto (Av. Bonampak a la altura del distribuidor vial Kabah con la ZHC a la altura del km 13; Figura 2. 4) son factibles desde el punto de vista legal y ambiental (Ver Capítulo 3).

En cuanto al trazo y diseño del proyecto, se evaluaron en términos de viabilidad ambiental 4 alternativas o escenarios que se muestran en la Figura 2. 12 y cuyo análisis se detalla en el Capítulo 7.

Figura 2. 12. Diseños evaluados desde el punto de vista ambiental y legal para el desarrollo del Puente Vehicular Nichupte.



Con la finalidad de identificar las restricciones legales aplicables para definir el trazo o diseño final del proyecto se evaluaron los siguientes instrumentos legales cuya vinculación con el Proyecto puede observarse a detalle en el Capítulo 3:

- Decreto del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Nichupté. (DOF, 2008);
- Programa de Manejo de la Zona de Protección de Flora y Fauna Laguna Nichupté (DOF, 2015);
- Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez (POEQROO, 2019);
- Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (POEQROO, 2014);
- Sitios RAMSAR (UNESCO, 1975);
- Ley de Aguas Nacionales (DOF, 2020);
- Regiones marinas prioritarias y Áreas de importancia para la conservación de aves (CONABIO);
- Ley General de Vida Silvestre. Art. 60 TER (DOF, 2014);
- NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010);
- NOM-022-SEMARNAT-2003 (DOF, 2003).

Con base en: a) la aplicación de los criterios y premisas definidas por el equipo responsable de elaborar esta MIA-R para el diseño y desarrollo del proyecto, b) el análisis del estudio

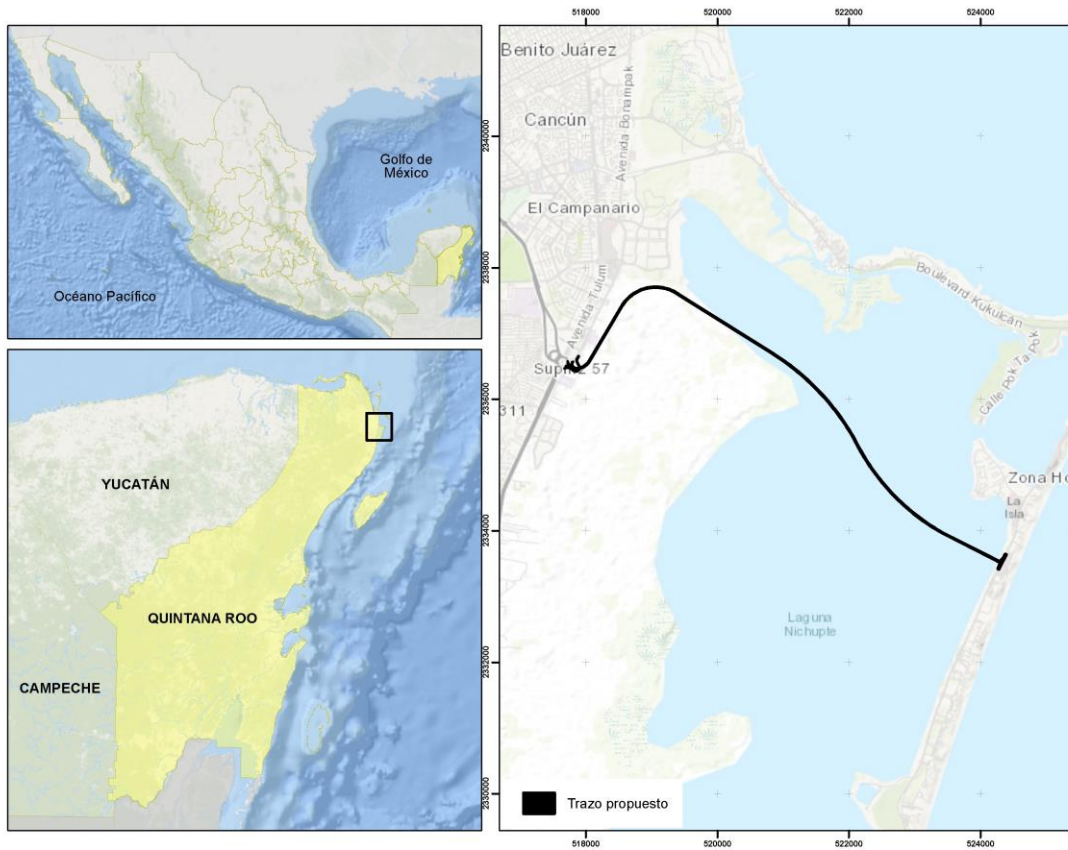
de viabilidad y los estudios de LBA del proyecto, c) la aplicación de los criterios de selección establecidos para la ubicación del proyecto y descritos en esta sección, d) trabajos de campo (campo que permitieron identificar con precisión las zonas de manglar y las áreas de restricción legal), fue posible concluir que el trazo con viabilidad ambiental para el desarrollo de El Proyecto, es el denominado como **Escenario D** en la Figura 2. 12. Una adecuada conectividad es imprescindible para alcanzar un desarrollo equilibrado y hacer que las personas y los bienes nacionales lleguen a su destino con oportunidad y al menor costo posible. En este sentido la visión del Gobierno del Estado de Quintana Roo y el Municipio de Benito Juárez es contar con una infraestructura y una plataforma logística global de comunicaciones y transportes modernos que cumplan tales objetivos y al mismo tiempo fomenten una mayor productividad, competitividad, desarrollo económico, generación de empleos y mejor calidad de vida para la población del destino turístico más importante del país.

2.3.3. Ubicación del proyecto y planos de localización

Como se ha mencionado, El Proyecto, se localiza en la ciudad de Cancún, municipio Benito Juárez al norte del estado de Quintana Roo (Figura 2. 13). Conecta la ZHC en el Km 13, con el principal distribuidor vial de la ciudad de Cancún que es el distribuidor Kabah en donde convergen las Avenida Bonampak, Avenida Rodrigo Gómez y Boulevard Luis Donaldo Colosio. La vialidad cruza el SLN y tiene una longitud total de 8.8 km.

En el Anexo 2.2, se integran las coordenadas UTM que conforman el Proyecto.

Figura 2. 13. Localización geográfica del proyecto Puente Vehicular Nichupté.

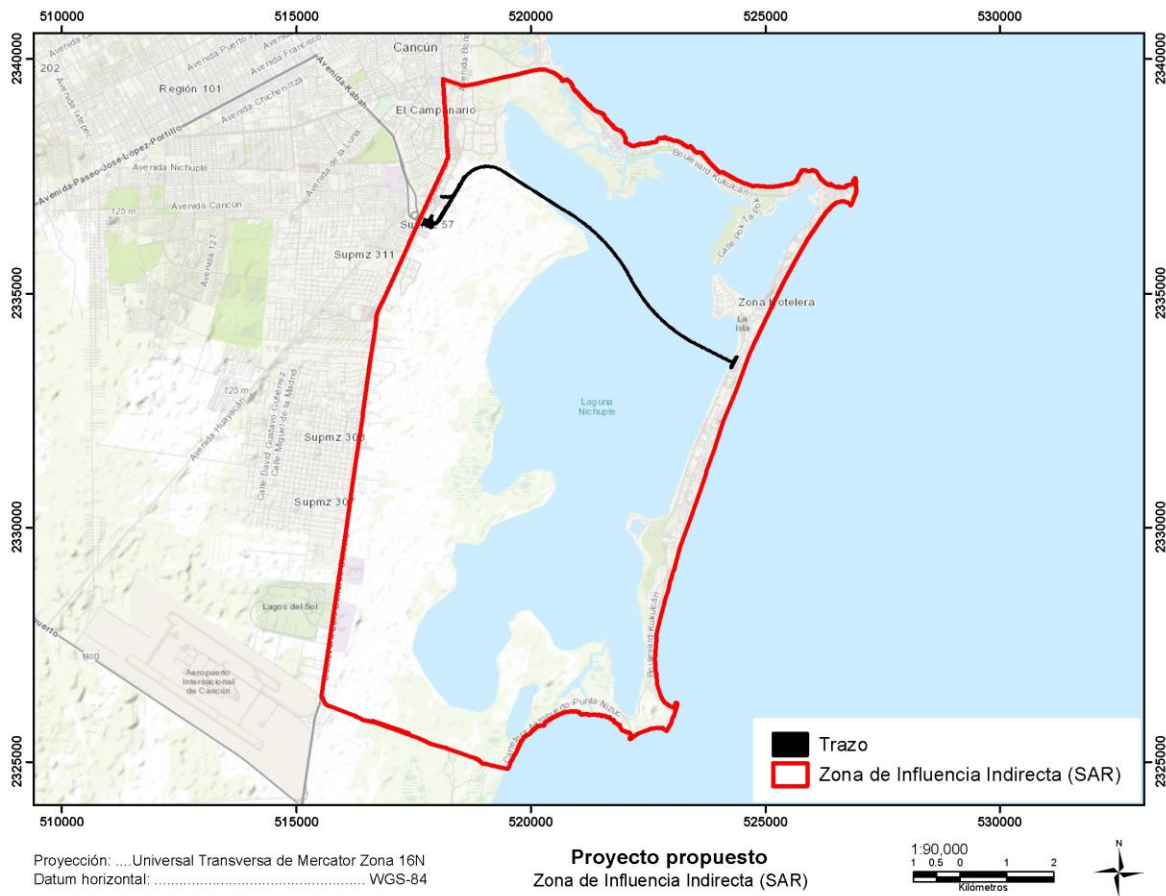


Fuente: GPPA con datos de AGEPRO.

En la Figura 2. 14 se muestra la ubicación del proyecto en torno al Sistema Ambiental Regional que ha sido delimitado para el presente estudio y que se describe más adelante.

En la Tabla 2. 5 se presentan las coordenadas extremas del centroide de ubicación de las 660 pilas. Figura 2. 15 se presenta el plano del trazo del proyecto así como la ubicación de estas 660 pilas.

Figura 2. 14. Ubicación del Proyecto Puente Nichupté, Cancún y su Sistema Ambiental Regional (SAR).



Fuente: GPPA, 2021.

Tabla 2. 5. Coordenadas del centroide de las 660 pilas (coordenadas UTM, zona 16norte).

No. de Pila	X	Y	No. de Pila	X	Y
Pila 1	517852.5536	2336460.0454	Pila 41	518146.1230	2336737.1881
Pila 2	517885.5192	2336463.6959	Pila 42	518141.5142	2336740.0021
Pila 3	517852.3874	2336465.4428	Pila 43	518168.2377	2336764.1027
Pila 4	517884.6668	2336469.0282	Pila 44	518163.6289	2336766.9167
Pila 5	517852.2213	2336470.8403	Pila 45	518159.0201	2336769.7308
Pila 6	517917.7512	2336471.5160	Pila 46	518185.7437	2336793.8313
Pila 7	517883.8145	2336474.3605	Pila 47	518181.1349	2336796.6454
Pila 8	517916.2266	2336476.6963	Pila 48	518176.5260	2336799.4594
Pila 9	517914.7019	2336481.8766	Pila 49	518203.2496	2336823.5600
Pila 10	517948.7245	2336483.3783	Pila 50	518198.6408	2336826.3740
Pila 11	517946.5523	2336488.3222	Pila 51	518194.0320	2336829.1881
Pila 12	517944.3802	2336493.2660	Pila 52	518220.7555	2336853.2886
Pila 13	517980.0943	2336500.4506	Pila 53	518216.1467	2336856.1027
Pila 14	517977.2648	2336505.0499	Pila 54	518211.5379	2336858.9167
Pila 15	517974.4352	2336509.6492	Pila 55	518238.2614	2336883.0173
Pila 16	518008.8268	2336521.6632	Pila 56	518233.6526	2336885.8313
Pila 17	518005.3933	2336525.8310	Pila 57	518229.0438	2336888.6454
Pila 18	518001.9598	2336529.9989	Pila 58	518253.9914	2336909.7300
Pila 19	518025.2915	2336536.9393	Pila 59	518249.3826	2336912.5440
Pila 20	518021.5109	2336540.7950	Pila 60	518244.7738	2336915.3581
Pila 21	518017.7302	2336544.6508	Pila 61	518269.7214	2336936.4427
Pila 22	518046.3089	2336560.9953	Pila 62	518265.1126	2336939.2567
Pila 23	518042.0837	2336564.3580	Pila 63	518260.5038	2336942.0708
Pila 24	518037.8585	2336567.7207	Pila 64	518285.4513	2336963.1554
Pila 25	518064.2170	2336587.4542	Pila 65	518280.8425	2336965.9694
Pila 26	518059.6082	2336590.2682	Pila 66	518276.2337	2336968.7835
Pila 27	518054.9994	2336593.0823	Pila 67	518301.1813	2336989.8681
Pila 28	518081.9766	2336617.6137	Pila 68	518296.5725	2336992.6821
Pila 29	518077.3678	2336620.4277	Pila 69	518291.9637	2336995.4962
Pila 30	518072.7590	2336623.2418	Pila 70	518316.9113	2337016.5807
Pila 31	518098.2140	2336645.1881	Pila 71	518312.3025	2337019.3948
Pila 32	518093.6052	2336648.0021	Pila 72	518307.6936	2337022.2089
Pila 33	518088.9964	2336650.8162	Pila 73	518332.6412	2337043.2934
Pila 34	518115.7200	2336674.9167	Pila 74	518328.0324	2337046.1075
Pila 35	518111.1111	2336677.7308	Pila 75	518323.4236	2337048.9216
Pila 36	518106.5023	2336680.5448	Pila 76	518347.3056	2337068.1966
Pila 37	518133.2259	2336704.6454	Pila 77	518342.6968	2337071.0106
Pila 38	518128.6171	2336707.4594	Pila 78	518338.0880	2337073.8247
Pila 39	518124.0083	2336710.2735	Pila 79	518364.1012	2337096.7188
Pila 40	518150.7318	2336734.3740	Pila 80	518359.4923	2337099.5329

No. De Pila	X	Y	No. De Pila	X	Y
Pila 81	518354.8835	2337102.3469	Pila 121	518611.4666	2337496.7207
Pila 82	518379.8311	2337123.4315	Pila 122	518607.4984	2337500.3831
Pila 83	518375.2223	2337126.2456	Pila 123	518603.5302	2337504.0456
Pila 84	518370.6135	2337129.0596	Pila 124	518635.0154	2337522.1789
Pila 85	518397.5400	2337153.5049	Pila 125	518631.2667	2337526.0657
Pila 86	518392.9312	2337156.3189	Pila 126	518627.5180	2337529.9525
Pila 87	518388.3224	2337159.1330	Pila 127	518660.0036	2337546.2257
Pila 88	518415.2996	2337183.6644	Pila 128	518656.4871	2337550.3238
Pila 89	518410.6908	2337186.4784	Pila 129	518652.9706	2337554.4219
Pila 90	518406.0820	2337189.2925	Pila 130	518686.3469	2337568.7799
Pila 91	518433.0593	2337213.8239	Pila 131	518683.0745	2337573.0754
Pila 92	518428.4505	2337216.6379	Pila 132	518679.8021	2337577.3709
Pila 93	518423.8417	2337219.4520	Pila 133	518713.9563	2337589.7652
Pila 94	518450.8189	2337243.9834	Pila 134	518710.9390	2337594.2436
Pila 95	518446.2101	2337246.7974	Pila 135	518707.9217	2337598.7220
Pila 96	518441.6013	2337249.6115	Pila 136	518742.7385	2337609.1108
Pila 97	518467.0563	2337271.5578	Pila 137	519376.9537	2337610.6064
Pila 98	518462.4475	2337274.3718	Pila 138	518739.9865	2337613.7569
Pila 99	518457.8387	2337277.1859	Pila 139	519379.7621	2337615.2187
Pila 100	518484.8159	2337301.7173	Pila 140	518737.2345	2337618.4031
Pila 101	518480.2071	2337304.5313	Pila 141	519382.5704	2337619.8310
Pila 102	518475.5983	2337307.3454	Pila 142	518772.5961	2337626.7512
Pila 103	518502.5756	2337331.8768	Pila 143	519340.9056	2337631.4014
Pila 104	518497.9668	2337334.6908	Pila 144	518770.1188	2337631.5494
Pila 105	518493.3580	2337337.5049	Pila 145	519343.3856	2337636.1982
Pila 106	518518.8130	2337359.4512	Pila 146	518767.6414	2337636.3476
Pila 107	518514.2041	2337362.2652	Pila 147	519345.8656	2337640.9950
Pila 108	518509.5953	2337365.0793	Pila 148	518803.4283	2337642.6268
Pila 109	518535.0640	2337387.0172	Pila 149	518801.2340	2337647.5609
Pila 110	518530.4552	2337389.8313	Pila 150	519303.4956	2337649.6328
Pila 111	518525.8464	2337392.6453	Pila 151	518799.0396	2337652.4949
Pila 112	518552.8256	2337417.0530	Pila 152	519305.6352	2337654.5908
Pila 113	518548.2720	2337419.9557	Pila 153	518835.1310	2337656.6841
Pila 114	518543.7185	2337422.8583	Pila 154	519307.7747	2337659.5489
Pila 115	518571.8441	2337446.0533	Pila 155	518833.2270	2337661.7373
Pila 116	518567.4669	2337449.2156	Pila 156	519264.9056	2337665.2119
Pila 117	518563.0897	2337452.3780	Pila 157	518831.3231	2337666.7905
Pila 118	518589.4370	2337469.9372	Pila 158	518867.5969	2337668.8754
Pila 119	518585.2627	2337473.3628	Pila 159	519266.6944	2337670.3070
Pila 120	518581.0883	2337476.7885	Pila 160	518865.9898	2337674.0307

No. De Pila	X	Y	No. De Pila	X	Y
Pila 161	519268.4831	2337675.4022	Pila 201	523049.6609	2334215.7956
Pila 162	519225.3235	2337678.0629	Pila 202	523052.9041	2334220.1132
Pila 163	518900.7163	2337679.1596	Pila 203	523013.1336	2334237.2052
Pila 164	518864.3827	2337679.1860	Pila 204	523016.4314	2334241.4813
Pila 165	519226.7527	2337683.2704	Pila 205	523019.7291	2334245.7574
Pila 166	518899.4115	2337684.3996	Pila 206	522980.1789	2334263.3531
Pila 167	518934.3774	2337687.5020	Pila 207	524184.9741	2333583.0869
Pila 168	519185.4321	2337688.0250	Pila 208	522983.5307	2334267.5870
Pila 169	519228.1819	2337688.4778	Pila 209	522986.8824	2334271.8208
Pila 170	518898.1067	2337689.6396	Pila 210	522947.5588	2334289.9173
Pila 171	518933.3792	2337692.8089	Pila 211	522950.9641	2334294.1083
Pila 172	519159.8828	2337692.8401	Pila 212	522954.3693	2334298.2992
Pila 173	519186.4948	2337693.3194	Pila 213	522915.2787	2334316.8936
Pila 174	518968.4663	2337693.8743	Pila 214	522918.7369	2334321.0410
Pila 175	519125.5306	2337697.5923	Pila 215	522922.1951	2334325.1884
Pila 176	518932.3811	2337698.1159	Pila 216	522883.3437	2334344.2776
Pila 177	519160.9265	2337698.1383	Pila 217	522886.8543	2334348.3807
Pila 178	519002.8679	2337698.2550	Pila 218	524187.3764	2333587.9231
Pila 179	519187.5575	2337698.6138	Pila 219	522890.3649	2334352.4839
Pila 180	518967.7782	2337699.2303	Pila 220	522851.7591	2334372.0649
Pila 181	519029.5466	2337700.2640	Pila 221	522855.3215	2334376.1231
Pila 182	519090.9602	2337700.3403	Pila 222	522858.8839	2334380.1814
Pila 183	519056.2885	2337701.0749	Pila 223	522820.5298	2334400.2510
Pila 184	519126.2646	2337702.9421	Pila 224	522824.1434	2334404.2637
Pila 185	519161.9702	2337703.4364	Pila 225	522827.7571	2334408.2764
Pila 186	519002.4922	2337703.6419	Pila 226	522789.6609	2334428.8314
Pila 187	518967.0902	2337704.5863	Pila 227	522793.3252	2334432.7979
Pila 188	519029.4128	2337705.6624	Pila 228	522796.9896	2334436.7644
Pila 189	519091.3821	2337705.7238	Pila 229	524145.1079	2333597.2365
Pila 190	519056.3969	2337706.4738	Pila 230	522759.1575	2334457.8015
Pila 191	519126.9986	2337708.2920	Pila 231	522762.8719	2334461.7211
Pila 192	519002.1166	2337709.0288	Pila 232	522766.5862	2334465.6408
Pila 193	519029.2791	2337711.0607	Pila 233	522729.0244	2334487.1566
Pila 194	519091.8041	2337711.1073	Pila 234	522732.7882	2334491.0287
Pila 195	519056.5053	2337711.8727	Pila 235	522736.5521	2334494.9009
Pila 196	524182.5717	2333578.2507	Pila 236	522699.2664	2334516.8920
Pila 197	523080.0259	2334186.1754	Pila 237	522703.0791	2334520.7160
Pila 198	523083.2140	2334190.5338	Pila 238	522706.8919	2334524.5400
Pila 199	523086.4021	2334194.8923	Pila 239	522669.8885	2334547.0028
Pila 200	523046.4178	2334211.4779	Pila 240	524147.5102	2333602.0727

No. De Pila	X	Y	No. De Pila	X	Y
Pila 241	522673.7494	2334550.7781	Pila 281	522357.4307	2334942.0848
Pila 242	522677.6104	2334554.5534	Pila 282	522324.6217	2334970.3230
Pila 243	522640.8952	2334577.4842	Pila 283	522329.0506	2334973.4125
Pila 244	522644.8038	2334581.2102	Pila 284	524112.4487	2333625.8948
Pila 245	522648.7124	2334584.9362	Pila 285	522333.4795	2334976.5020
Pila 246	522612.2914	2334608.3314	Pila 286	522301.0317	2335005.1545
Pila 247	522616.2470	2334612.0074	Pila 287	522305.4994	2335008.1876
Pila 248	522620.2026	2334615.6834	Pila 288	522309.9672	2335011.2206
Pila 249	522584.0815	2334639.5392	Pila 289	522277.8858	2335040.2828
Pila 250	522588.0835	2334643.1647	Pila 290	522282.3917	2335043.2589
Pila 251	524149.9126	2333606.9089	Pila 291	522286.8976	2335046.2349
Pila 252	522592.0854	2334646.7902	Pila 292	522255.1879	2335075.7022
Pila 253	522556.2702	2334671.1028	Pila 293	522259.7312	2335078.6207
Pila 254	522560.3179	2334674.6772	Pila 294	522264.2745	2335081.5393
Pila 255	522564.3656	2334678.2516	Pila 295	524070.1802	2333635.2082
Pila 256	522528.8620	2334703.0169	Pila 296	522232.9415	2335111.4069
Pila 257	522532.9547	2334706.5397	Pila 297	522237.5216	2335114.2675
Pila 258	522537.0474	2334710.0624	Pila 298	522242.1016	2335117.1282
Pila 259	522501.8612	2334735.2766	Pila 299	522211.1504	2335147.3912
Pila 260	522505.9983	2334738.7470	Pila 300	522215.7663	2335150.1935
Pila 261	522510.1354	2334742.2175	Pila 301	522220.3823	2335152.9957
Pila 262	524107.6441	2333616.2224	Pila 302	522189.8179	2335183.6493
Pila 263	522475.2722	2334767.8764	Pila 303	522194.4691	2335186.3927
Pila 264	522479.4531	2334771.2941	Pila 304	522199.1203	2335189.1362
Pila 265	522483.6339	2334774.7117	Pila 305	522168.9475	2335220.1754
Pila 266	522449.0993	2334800.8113	Pila 306	524072.5826	2333640.0444
Pila 267	522453.3232	2334804.1756	Pila 307	522173.6332	2335222.8595
Pila 268	522457.5472	2334807.5399	Pila 308	522178.3188	2335225.5437
Pila 269	522423.3467	2334834.0759	Pila 309	522148.5427	2335256.9635
Pila 270	522427.6131	2334837.3863	Pila 310	522153.2620	2335259.5880
Pila 271	522431.8794	2334840.6967	Pila 311	522157.9814	2335262.2124
Pila 272	522398.0187	2334867.6648	Pila 312	522128.6066	2335294.0078
Pila 273	524110.0464	2333621.0586	Pila 313	522133.3589	2335296.5721
Pila 274	522402.3267	2334870.9207	Pila 314	522138.1112	2335299.1364
Pila 275	522406.6347	2334874.1767	Pila 315	522109.1425	2335331.3023
Pila 276	522373.1191	2334901.5726	Pila 316	522113.9270	2335333.8060
Pila 277	522377.4681	2334904.7736	Pila 317	524074.9849	2333644.8806
Pila 278	522381.8171	2334907.9745	Pila 318	522118.7115	2335336.3097
Pila 279	522348.6522	2334935.7938	Pila 319	522090.1536	2335368.8409
Pila 280	522353.0415	2334938.9393	Pila 320	522094.9695	2335371.2836

No. De Pila	X	Y	No. De Pila	X	Y
Pila 321	522099.7854	2335373.7264	Pila 361	523995.2526	2333673.1799
Pila 322	522070.2582	2335405.4562	Pila 362	521791.4877	2335823.9871
Pila 323	522074.9233	2335408.1759	Pila 363	521795.7389	2335827.3169
Pila 324	522079.5884	2335410.8955	Pila 364	521799.9901	2335830.6466
Pila 325	522049.2393	2335441.7473	Pila 365	521765.7216	2335857.0771
Pila 326	522053.8731	2335444.5199	Pila 366	521769.9346	2335860.4550
Pila 327	522058.5070	2335447.2925	Pila 367	521774.1477	2335863.8329
Pila 328	524032.7164	2333654.1940	Pila 368	521739.5805	2335889.8715
Pila 329	522027.8086	2335477.7967	Pila 369	521743.7548	2335893.2972
Pila 330	522032.4106	2335480.6218	Pila 370	521747.9291	2335896.7229
Pila 331	522037.0126	2335483.4470	Pila 371	521713.0676	2335922.3662
Pila 332	522005.9688	2335513.5997	Pila 372	523997.6549	2333678.0161
Pila 333	522010.5383	2335516.4771	Pila 373	521717.2027	2335925.8392
Pila 334	522015.1079	2335519.3545	Pila 374	521721.3377	2335929.3121
Pila 335	521983.7228	2335549.1518	Pila 375	521686.1865	2335954.5569
Pila 336	521988.2593	2335552.0810	Pila 376	521690.2818	2335958.0767
Pila 337	521992.7957	2335555.0103	Pila 377	521694.3770	2335961.5966
Pila 338	521961.0735	2335584.4483	Pila 378	521658.9407	2335986.4395
Pila 339	524035.1187	2333659.0302	Pila 379	521662.9956	2335990.0057
Pila 340	521965.5763	2335587.4290	Pila 380	521667.0504	2335993.5719
Pila 341	521970.0791	2335590.4097	Pila 381	521631.3336	2336018.0097
Pila 342	521938.0237	2335619.4846	Pila 382	521635.3476	2336021.6219
Pila 343	521942.4923	2335622.5164	Pila 383	524000.0572	2333682.8523
Pila 344	521946.9609	2335625.5481	Pila 384	521639.3616	2336025.2341
Pila 345	521914.5766	2335654.2562	Pila 385	521603.3688	2336049.2637
Pila 346	521919.0103	2335657.3387	Pila 386	521607.3415	2336052.9213
Pila 347	521923.4441	2335660.4211	Pila 387	521611.3141	2336056.5789
Pila 348	521890.7350	2335688.7586	Pila 388	521575.0501	2336080.1971
Pila 349	521895.1334	2335691.8913	Pila 389	521578.9808	2336083.8998
Pila 350	524037.5211	2333663.8664	Pila 390	521582.9115	2336087.6024
Pila 351	521899.5318	2335695.0241	Pila 391	521546.3809	2336110.8062
Pila 352	521866.5022	2335722.9873	Pila 392	521550.2692	2336114.5533
Pila 353	521870.8646	2335726.1699	Pila 393	521554.1575	2336118.3005
Pila 354	521875.2271	2335729.3525	Pila 394	523957.7888	2333692.1657
Pila 355	521841.8812	2335756.9379	Pila 395	521517.3651	2336141.0869
Pila 356	521846.2072	2335760.1700	Pila 396	521521.2105	2336144.8780
Pila 357	521850.5331	2335763.4020	Pila 397	521525.0559	2336148.6692
Pila 358	521816.8753	2335790.6060	Pila 398	521488.0064	2336171.0352
Pila 359	521821.1642	2335793.8871	Pila 399	521491.8084	2336174.8699
Pila 360	521825.4530	2335797.1682	Pila 400	521495.6104	2336178.7046

No. De Pila	X	Y	No. De Pila	X	Y
Pila 401	521458.3087	2336200.6473	Pila 441	521116.8742	2336511.7587
Pila 402	521462.0668	2336204.5251	Pila 442	521076.9313	2336528.4162
Pila 403	521465.8248	2336208.4028	Pila 443	523882.8611	2333730.1373
Pila 404	521428.2757	2336229.9194	Pila 444	521080.1262	2336532.7697
Pila 405	523960.1911	2333697.0019	Pila 445	521083.3211	2336537.1231
Pila 406	521431.9894	2336233.8397	Pila 446	521043.1912	2336553.3248
Pila 407	521435.7031	2336237.7599	Pila 447	521046.3363	2336557.7144
Pila 408	521397.9114	2336258.8476	Pila 448	521049.4814	2336562.1039
Pila 409	521401.5802	2336262.8099	Pila 449	523885.2634	2333734.9735
Pila 410	521405.2490	2336266.7722	Pila 450	521009.1697	2336577.8476
Pila 411	521367.2197	2336287.4282	Pila 451	521012.2646	2336582.2727
Pila 412	521370.8431	2336291.4321	Pila 452	521015.3595	2336586.6978
Pila 413	521374.4666	2336295.4359	Pila 453	520974.8711	2336601.9815
Pila 414	521336.2045	2336315.6576	Pila 454	520977.9155	2336606.4415
Pila 415	521339.7822	2336319.7024	Pila 455	523887.6658	2333739.8098
Pila 416	523962.5934	2333701.8381	Pila 456	520980.9598	2336610.9016
Pila 417	521343.3598	2336323.7472	Pila 457	520940.3000	2336625.7233
Pila 418	521304.8700	2336343.5320	Pila 458	520943.2934	2336630.2177
Pila 419	521308.4013	2336347.6173	Pila 459	520946.2867	2336634.7121
Pila 420	521311.9327	2336351.7025	Pila 460	520905.4608	2336649.0699
Pila 421	521273.2201	2336371.0478	Pila 461	523845.3973	2333749.1232
Pila 422	521276.7047	2336375.1730	Pila 462	520908.4028	2336653.5982
Pila 423	521280.1893	2336379.2982	Pila 463	520911.3448	2336658.1264
Pila 424	521241.2590	2336398.2014	Pila 464	520870.3581	2336672.0184
Pila 425	521244.6964	2336402.3661	Pila 465	520873.2484	2336676.5798
Pila 426	521248.1338	2336406.5307	Pila 466	520876.1386	2336681.1412
Pila 427	523920.3249	2333711.1515	Pila 467	520834.9964	2336694.5657
Pila 428	521208.9908	2336424.9895	Pila 468	523847.7996	2333753.9594
Pila 429	521212.3806	2336429.1930	Pila 469	520837.8345	2336699.1598
Pila 430	521215.7703	2336433.3965	Pila 470	520840.6726	2336703.7538
Pila 431	521176.4197	2336451.4083	Pila 471	520799.4208	2336716.8752
Pila 432	521179.7614	2336455.6502	Pila 472	520802.2521	2336721.4734
Pila 433	521183.1031	2336459.8920	Pila 473	520805.0835	2336726.0716
Pila 434	523922.7273	2333715.9877	Pila 474	523850.2019	2333758.7956
Pila 435	521143.5499	2336477.4547	Pila 475	520763.8349	2336739.1831
Pila 436	521146.8431	2336481.7343	Pila 476	520766.6662	2336743.7813
Pila 437	521150.1363	2336486.0139	Pila 477	520769.4976	2336748.3795
Pila 438	523925.1296	2333720.8239	Pila 478	520728.2490	2336761.4911
Pila 439	521110.3857	2336503.1251	Pila 479	520731.0803	2336766.0892
Pila 440	521113.6299	2336507.4419	Pila 480	520733.9117	2336770.6874

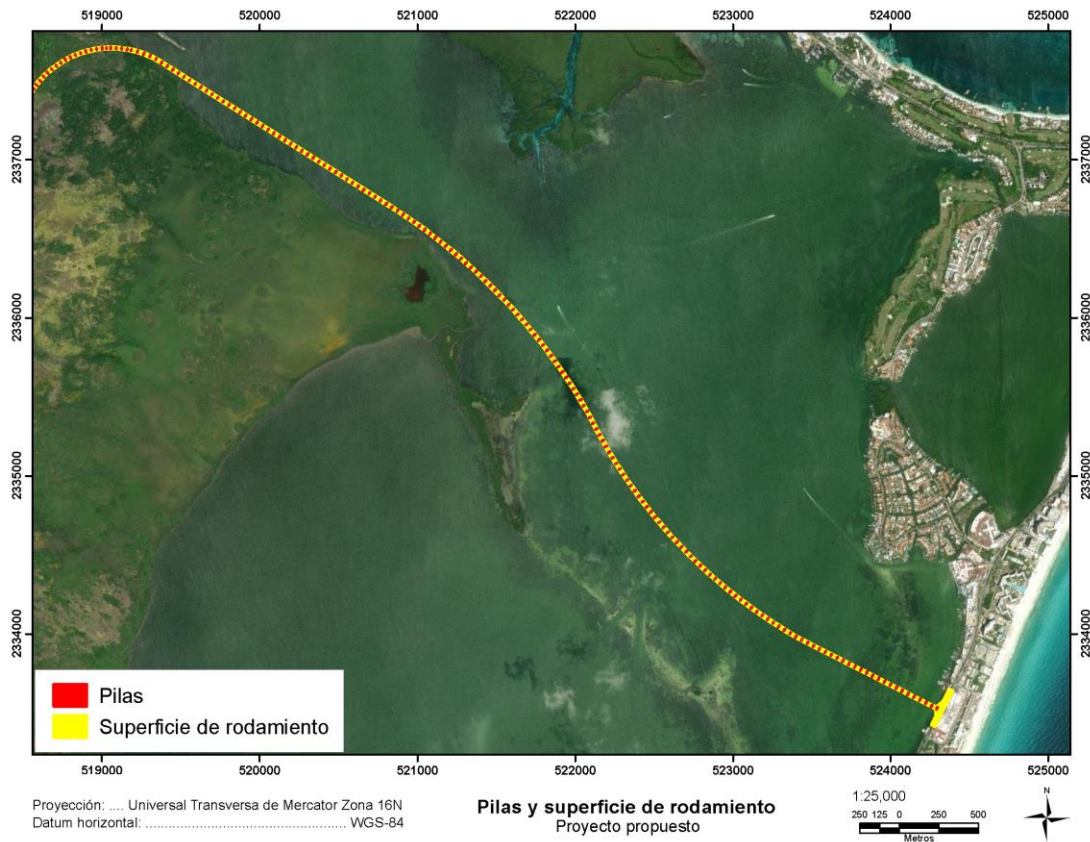
No. De Pila	X	Y	No. De Pila	X	Y
Pila 481	524257.4994	2333540.2791	Pila 521	523733.0058	2333806.0807
Pila 482	523807.9335	2333768.1090	Pila 522	520301.2182	2337029.1863
Pila 483	520692.6631	2336783.7990	Pila 523	520304.0496	2337033.7845
Pila 484	520695.4945	2336788.3972	Pila 524	520306.8810	2337038.3827
Pila 485	520698.3258	2336792.9954	Pila 525	520265.6323	2337051.4942
Pila 486	520657.0772	2336806.1069	Pila 526	520268.4637	2337056.0924
Pila 487	520659.9086	2336810.7051	Pila 527	520271.2951	2337060.6906
Pila 488	520662.7399	2336815.3033	Pila 528	523735.4081	2333810.9169
Pila 489	523810.3358	2333772.9452	Pila 529	520230.0464	2337073.8022
Pila 490	520621.4913	2336828.4149	Pila 530	520232.8778	2337078.4004
Pila 491	520624.3227	2336833.0131	Pila 531	520235.7092	2337082.9986
Pila 492	520627.1540	2336837.6112	Pila 532	520194.4605	2337096.1101
Pila 493	520585.9054	2336850.7228	Pila 533	520197.2919	2337100.7083
Pila 494	520588.7368	2336855.3210	Pila 534	523737.8105	2333815.7531
Pila 495	523812.7381	2333777.7814	Pila 535	520200.1233	2337105.3065
Pila 496	520591.5681	2336859.9192	Pila 536	520158.8746	2337118.4181
Pila 497	520550.3195	2336873.0307	Pila 537	520161.7060	2337123.0162
Pila 498	520553.1509	2336877.6289	Pila 538	520164.5374	2337127.6144
Pila 499	520555.9822	2336882.2271	Pila 539	520123.2888	2337140.7260
Pila 500	520514.7336	2336895.3387	Pila 540	520126.1201	2337145.3242
Pila 501	520517.5650	2336899.9369	Pila 541	520128.9515	2337149.9224
Pila 502	520520.3964	2336904.5351	Pila 542	523695.5420	2333825.0665
Pila 503	523770.4696	2333787.0948	Pila 543	520087.7029	2337163.0339
Pila 504	520479.1477	2336917.6466	Pila 544	520090.5342	2337167.6321
Pila 505	520481.9791	2336922.2448	Pila 545	520093.3656	2337172.2303
Pila 506	520484.8105	2336926.8430	Pila 546	520052.1170	2337185.3419
Pila 507	520443.5618	2336939.9546	Pila 547	524259.9017	2333545.1153
Pila 508	523772.8720	2333791.9310	Pila 548	523697.9443	2333829.9027
Pila 509	520446.3932	2336944.5527	Pila 549	520054.9483	2337189.9401
Pila 510	520449.2246	2336949.1509	Pila 550	520057.7797	2337194.5382
Pila 511	520407.9759	2336962.2625	Pila 551	520016.5311	2337207.6498
Pila 512	520410.8073	2336966.8607	Pila 552	520019.3624	2337212.2480
Pila 513	520413.6387	2336971.4589	Pila 553	520022.1938	2337216.8462
Pila 514	520372.3900	2336984.5704	Pila 554	519980.9452	2337229.9577
Pila 515	520375.2214	2336989.1686	Pila 555	519983.7765	2337234.5559
Pila 516	523775.2743	2333796.7672	Pila 556	523700.3466	2333834.7389
Pila 517	520378.0528	2336993.7668	Pila 557	519986.6079	2337239.1541
Pila 518	520336.8041	2337006.8784	Pila 558	519945.3593	2337252.2657
Pila 519	520339.6355	2337011.4766	Pila 559	519948.1907	2337256.8639
Pila 520	520342.4669	2337016.0747	Pila 560	519951.0220	2337261.4620

No. De Pila	X	Y	No. De Pila	X	Y
Pila 561	519909.7734	2337274.5736	Pila 601	519521.1599	2337524.5591
Pila 562	523658.0782	2333844.0523	Pila 602	523583.1505	2333882.0240
Pila 563	519912.6048	2337279.1718	Pila 603	519523.9913	2337529.1573
Pila 564	519915.4361	2337283.7700	Pila 604	519482.7426	2337542.2689
Pila 565	519874.1875	2337296.8816	Pila 605	519485.5740	2337546.8670
Pila 566	519877.0189	2337301.4797	Pila 606	519488.4054	2337551.4652
Pila 567	519879.8502	2337306.0779	Pila 607	519447.1567	2337564.5768
Pila 568	519838.6016	2337319.1895	Pila 608	523585.5528	2333886.8602
Pila 569	523660.4805	2333848.8885	Pila 609	519449.9881	2337569.1750
Pila 570	519841.4330	2337323.7877	Pila 610	519452.8195	2337573.7732
Pila 571	519844.2643	2337328.3859	Pila 611	519411.4644	2337587.3491
Pila 572	519803.0157	2337341.4974	Pila 612	519414.5875	2337591.7544
Pila 573	519805.8471	2337346.0956	Pila 613	519417.7105	2337596.1597
Pila 574	519808.6784	2337350.6938	Pila 614	524262.3040	2333549.9515
Pila 575	523662.8828	2333853.7247	Pila 615	523587.9552	2333891.6964
Pila 576	519767.4298	2337363.8054	Pila 616	523545.6867	2333901.0098
Pila 577	519770.2612	2337368.4035	Pila 617	523548.0890	2333905.8460
Pila 578	519773.0926	2337373.0017	Pila 618	523550.4913	2333910.6822
Pila 579	519731.8439	2337386.1133	Pila 619	523508.2229	2333919.9956
Pila 580	519734.6753	2337390.7115	Pila 620	523510.6252	2333924.8318
Pila 581	519737.5067	2337395.3097	Pila 621	523513.0275	2333929.6680
Pila 582	523620.6143	2333863.0382	Pila 622	523470.7590	2333938.9815
Pila 583	519696.2580	2337408.4212	Pila 623	523473.1614	2333943.8177
Pila 584	519699.0894	2337413.0194	Pila 624	523475.5637	2333948.6539
Pila 585	519701.9208	2337417.6176	Pila 625	524220.0356	2333559.2649
Pila 586	519660.6721	2337430.7292	Pila 626	523433.2952	2333957.9673
Pila 587	519663.5035	2337435.3274	Pila 627	523435.6975	2333962.8035
Pila 588	519666.3349	2337439.9255	Pila 628	523438.0998	2333967.6397
Pila 589	523623.0167	2333867.8744	Pila 629	523396.1685	2333978.2147
Pila 590	519625.0862	2337453.0371	Pila 630	523398.8387	2333982.9082
Pila 591	519627.9176	2337457.6353	Pila 631	523401.5090	2333987.6018
Pila 592	519630.7490	2337462.2335	Pila 632	523359.8941	2333999.5196
Pila 593	519589.5003	2337475.3450	Pila 633	523362.6238	2334004.1789
Pila 594	519592.3317	2337479.9432	Pila 634	523365.3534	2334008.8382
Pila 595	523625.4190	2333872.7106	Pila 635	523323.8933	2334021.2834
Pila 596	519595.1631	2337484.5414	Pila 636	524222.4379	2333564.1011
Pila 597	519553.9144	2337497.6530	Pila 637	523326.6819	2334025.9077
Pila 598	519556.7458	2337502.2512	Pila 638	523329.4705	2334030.5319
Pila 599	519559.5772	2337506.8494	Pila 639	523288.1717	2334043.5026
Pila 600	519518.3285	2337519.9609	Pila 640	523291.0188	2334048.0911

No. De Pila	X	Y	No. De Pila	X	Y
Pila 641	523293.8659	2334052.6796	Pila 651	523188.7794	2334121.8098
Pila 642	523252.7351	2334066.1737	Pila 652	523148.1924	2334136.8606
Pila 643	523255.6402	2334070.7256	Pila 653	523151.2688	2334141.2986
Pila 644	523258.5454	2334075.2776	Pila 654	523154.3452	2334145.7366
Pila 645	523217.5893	2334089.2928	Pila 655	523113.9526	2334161.3016
Pila 646	523220.5520	2334093.8075	Pila 656	523117.0851	2334165.7002
Pila 647	524224.8402	2333568.9373	Pila 657	523120.2176	2334170.0988
Pila 648	523223.5146	2334098.3222	Pila 658	524290.5721	2333523.7400
Pila 649	523182.7398	2334112.8564	Pila 659	524292.8914	2333528.6166
Pila 650	523185.7596	2334117.3331	Pila 660	524295.2108	2333533.4931

Fuente: GPPA, 2021.

Figura 2. 15 Ubicación de la superficie de rodamiento y pilotes del Proyecto.



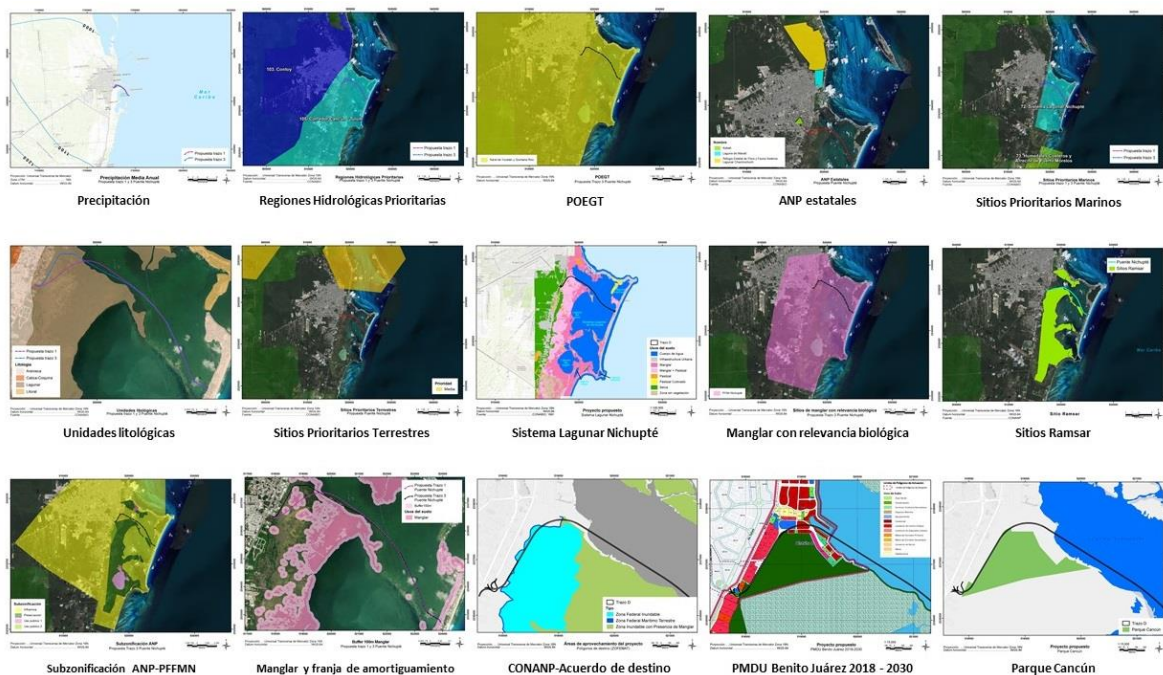
Fuente: GPPA, 2021.

2.3.4. Ubicación del proyecto en el sistema ambiental regional

El Sistema Ambiental Regional (SAR) definido para este Proyecto se denominó SAR – Laguna de Nichupté (SAR-LN).

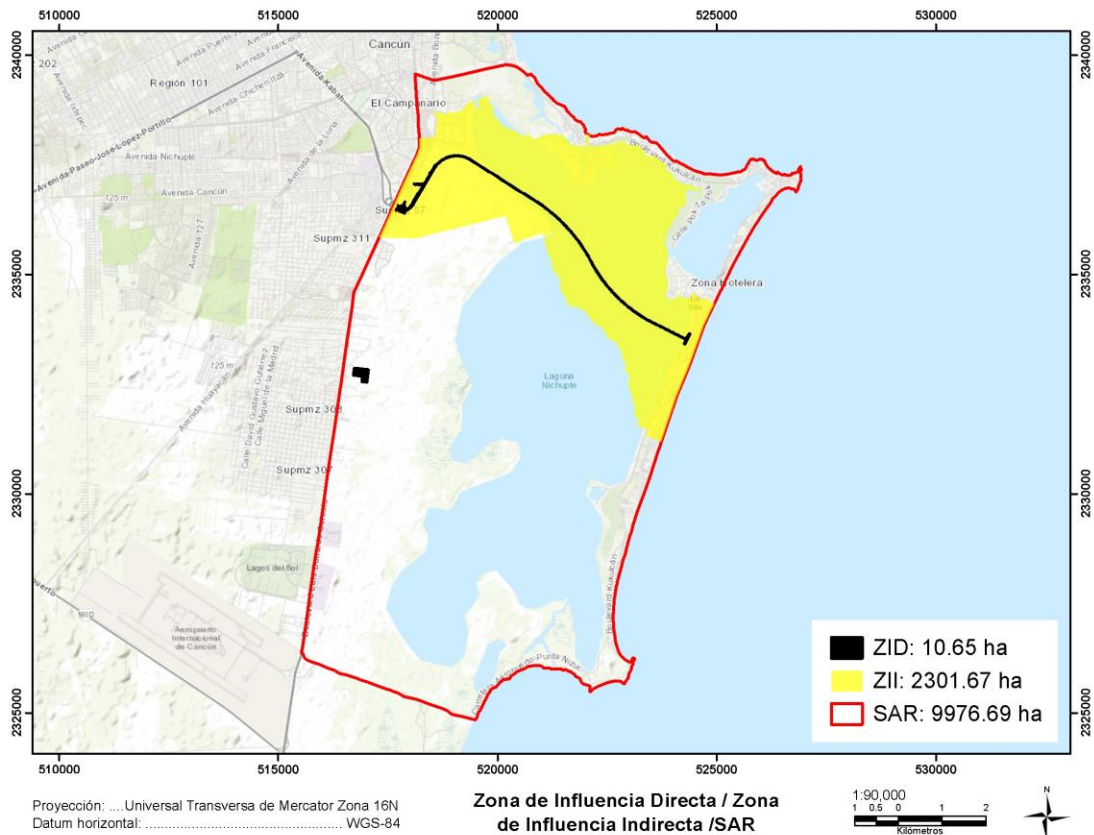
Los criterios de delimitación y la descripción del SAR-SLN, se presentan en el Capítulo 4 de la presente MIA-R. Como marco de referencia para la ubicación del proyecto en torno al SAR, se presenta en la Figura 2. 16 la información cartográfica que fue utilizada para la delimitación del SAR y por tanto de las Zonas de Influencia Directa (ZID) y de Influencia Indirecta (ZII), que en suma conforman la Zona de Influencia Ambiental del proyecto (ZIA) . En la Figura 2. 17, se presentan graficamente los criterios generales y la delimitación del SAR-SLN.

Figura 2. 16. Información cartográfica y documental analizada para definir El Proyecto y su ZIA.



Fuente: GPPA, 2021 con datos de los diferentes estudios realizados para El Proyecto.

Figura 2. 17. Límites del SAR y Zona de Influencia Directa y Zona de Influencia Indirecta



Fuente: GPPA, 2021.

La incomprensión del concepto zona costera, en términos ecológicos, ha sido una de las causas principales del deterioro y la pérdida de importantes recursos y ecosistemas costeros del país. La zona costera es un ambiente de transición entre el continente y el mar en el que los diferentes componentes, incluyendo el humano, establecen complejas y dinámicas funciones de interacción e interdependencia entre sí y con ecosistemas vecinos; su cabal comprensión en estos términos por parte de los responsables de la planificación y toma de decisiones, así como por los promotores de actividades y proyectos de desarrollo, es el elemento crítico para aspirar a su preservación y uso sostenible. Por sus características cualquier efecto no previsto en la planificación de un proyecto o actividad de desarrollo en la zona costera, o en la utilización y manipulación tecnológica de cualquiera de sus componentes, puede tener efectos negativos en todo el sistema ecológico (Yáñez-Arancibia, 1986; Zárate et al., 1996; 2005; Juárez et al, 2006).

Por ello, definir el Sistema Ambiental Regional y la ZIA de un proyecto o programa de desarrollo a implementar en la zona costera, es un tema central y clave para los actores responsables de su diseño, de su evaluación de impacto ambiental y de la toma de decisiones sobre su viabilidad ambiental.

Un Sistema Ambiental Regional (SAR) puede definirse como el territorio que potencialmente puede ser afectado de manera directa o indirecta, por los componentes y acciones/actividades de un proyecto, programa o actividad de desarrollo (Juárez et al, 2006; GPPA, 2020).

Para su análisis, el SAR debe ser visualizado bajo el enfoque de sistemas complejos, en el cual el medio ambiente, en su relación sociedad-naturaleza, esta integrado por una serie de elementos conectados mediante procesos. Ambos determinan una estructura y están circunscritos a un límite espacio-temporal determinado. Este enfoque permite un análisis integral y dinámico más cercano al conocimiento de su estructura y función (INE, 2000; Juárez et al, 2006).

Como se detalla en el Capítulo 4 y tomando como referencia: a) la definición del concepto SAR conforme a la LGEEPA y b) el enfoque de ecosistemas para el manejo integral de ecosistemas costeros, se ha definido y delimitado el SAR de El Proyecto para los fines de la presente MIA-R. Este SAR, se conforma del SLN, los humedales asociados y la barrera arenosa que hoy sostiene todo el desarrollo de la ZH (Figura 2. 17).

Los límites del SAR propuesto (Figura 2. 17) se describen en el Capítulo 4 y se describe también una subunidad de este SAR en la que se ubica la Zona de Influencia Ambiental del Proyecto.

La implementación de un proyecto o actividad de desarrollo genera una ZIA conformada por dos zonas de influencia, la directa y la indirecta. La zona de influencia directa (ZID) puede ser conceptualizada como aquella superficie en la que un proyecto genera impactos ambientales de tipo directos (p. Ej. áreas de desplante y construcción, áreas donde se vierten residuos sólidos y líquidos, áreas donde se presentan contingencias ambientales, entre otras) (Juárez et al, 2006; GPPA, 2020).

La zona de influencia indirecta (ZII) puede entenderse como la superficie que no es transformada por desplante o afectación directa del proyecto, pero que es el resultado de

los efectos indirectos del mismo hacia áreas y/o proyectos vecinos y viceversa (conversión acumulativa de vegetación y ecosistemas con varios proyectos, alteración a la integridad funcional y capacidades de carga de ecosistemas por efecto de varios proyectos, entre otros). La suma de la ZID y la ZII es la ZIA; proponemos sea la zona inserta en el SAR, sobre la cual se centren los análisis de identificación, evaluación, mitigación y supervisión de los impactos ambientales esperados con el desarrollo de El Proyecto (Juárez et al, 2006; GPPA, 2020).

En conclusión, a través del análisis del SAR, de la ZIA (ZID+ ZII), es posible identificar y evaluar: a) los posibles impactos directos de un proyecto y b) los posibles efectos indirectos, acumulativos y sinérgicos de este, con los proyectos y actividades que se desarrollan en la zona de influencia ambiental y por tanto del SAR.

Tomando como referencia el marco conceptual antes descrito, es que es posible considerar como ZIA (ZID+ ZII) del Proyecto las siguientes (Figura 2. 17):

- La ZID corresponde al área de emplazamiento del proyecto sobre los ecosistemas, tipos de vegetación y usos del suelo sobre los que serán generados impactos directos por remoción o afectación directa en términos de superficie.
- La ZII se propone como aquel espacio en el que las diferentes etapas de implementación del proyecto pueden generar impactos indirectos, acumulativos o sinérgicos.

En este sentido los límites de la ZIA (ZID+ ZII), que se ponen a la consideración para la evaluación de esta MIA, son los siguientes (Figura 2. 17):

- Al norte por el inicio del Blvd. Kukulcan;
- Al noreste por la línea de costa, que lo limita con el Mar Caribe;
- Al Sur por el Blvd. Kukulcan en la porción que lo conecta con el aeropuerto internacional de Cancún;
- Al oeste por la Carretera Federal 307 Chetumal – Puerto Juárez, que es conocida en su tramo en la zona urbana de Cancún como Blvd. Colosio;
- Al este y sureste por el mar Caribe.

La superficie total del SAR es de 9,976.69 ha, la ZII tiene una superficie de 2,301.67 ha y la ZID es de 10.62 ha (Tabla 2. 6).

Es importante destacar que los estudios de LBA fueron realizados para el SAR propuesto, aunque algunos de ellos se extienden mas allá de los límites establecidos.

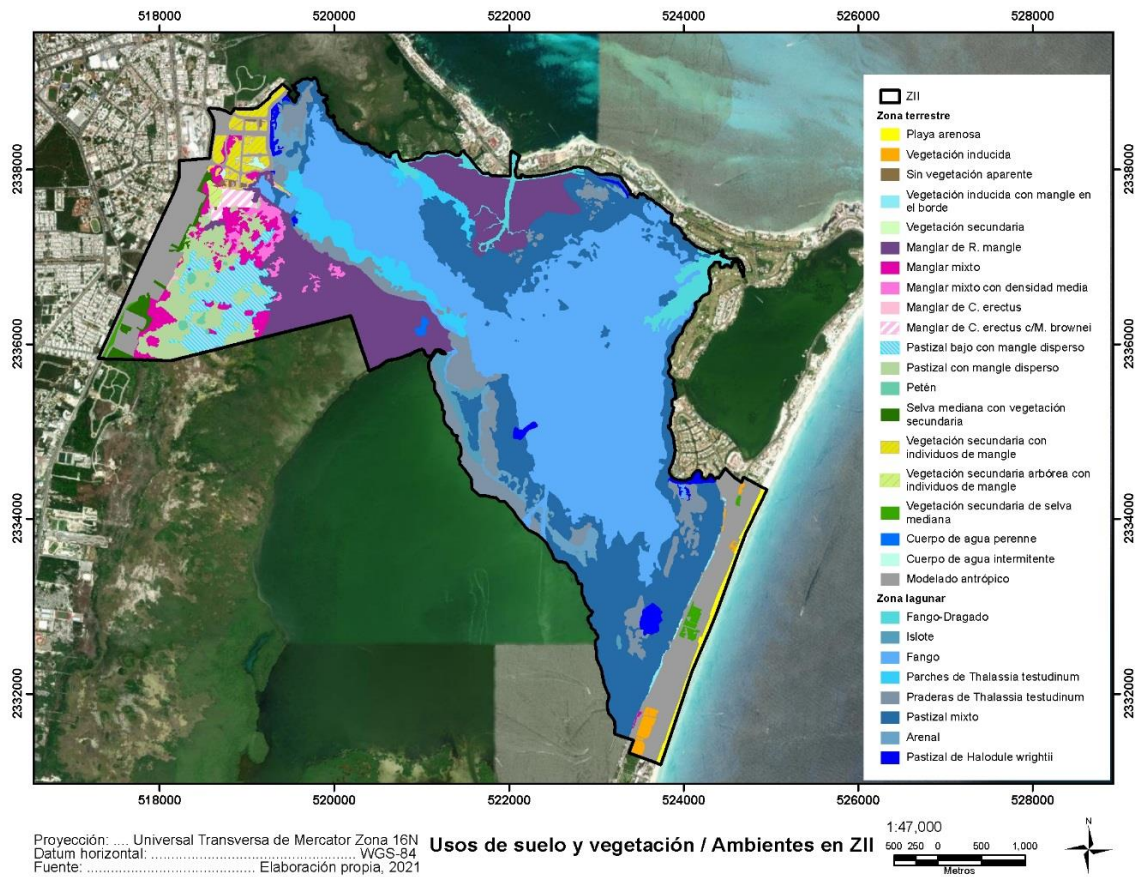
Tabla 2. 6. Superficies del SAR, la Zona de Influencia Indirecta y la Zona de Influencia Directa.

Componente	Superficie total (ha)
SAR	9,976.7
ZII	2,301.7
ZID	10.62

Fuente: GPPA, 2021.

En la Figura 2. 18, se muestran los tipos de coberturas de vegetación (terrestre y lagunar), tipos de ambientes ecológicos y usos del suelo determinados para la ZIA (ZID y ZII), a través de la interpretación de fotografía aérea georeferenciada, de los trabajos de campo realizados por los especialistas para los estudios de LBA y de literatura disponible. En la Tabla 2. 7 se muestran los datos de superficie correspondientes.

Figura 2. 18. Distribución de los tipos de vegetación, cobertura del suelo y ambientes lagunares en la ZIA (ZID+ZII).



Fuente: GPPA con datos de interpretación de fotografía aérea y verificación de campo.

Otro elemento relevante a considerar en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) de proyectos ubicados en una zona costera, es que ésta genera bienes y servicios ambientales críticos para la estabilidad ambiental, social y económica de una región. En este sentido es importante que los responsables de realizar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), los encargados (sector público y privado) de planificar proyectos o actividades de desarrollo, y los responsables de la toma de decisiones, deben actuar con estricta responsabilidad, conformando equipos multidisciplinarios de trabajo que tomen en el ámbito de sus responsabilidades, las premisas básicas para definir y evaluar los impactos ambientales que generará un proyecto de desarrollo en una zona costera (Juárez et al, 2006; GPPA, 2020). Este justamente es el caso del proceso de gestión que se está siguiendo con El Proyecto.

Tabla 2. 7. Superficie por tipo de cobertura del sistema lagunar en la ZIA.

USyV ZII	Superficie (ha)
Lagunar	1,551.84
Arenal	37.29
Fango	766.82
Fango-Dragado	48.73
Islote	16.08
Parches de <i>Thalassia testudinum</i>	66.61
Pastizal de <i>Halodule wrightii</i>	20.69
Pastizal mixto	459.29
Praderas de <i>Thalassia testudinum</i>	136.33
Terrestre	749.83
Área verde jardinada	2.82
Cuerpo de agua intermitente	2.63
Cuerpo de agua perenne	2.02
Manglar de <i>C. erectus</i>	0.83
Manglar de <i>C. erectus</i> c/ <i>M. brownei</i>	9.88
Manglar de <i>R. mangle</i>	257.38
Manglar mixto	46.49
Manglar mixto con densidad media	16.63
Modelado antrópico	185.28
Pastizal bajo con mangle disperso	55.77
Pastizal con mangle disperso	80.24
Petén	3.62
Playa arenosa	16.17
Selva mediana con vegetación secundaria	15.67

USyV ZII	Superficie (ha)
Sin vegetación aparente	2.86
Vegetación inducida	8.95
Vegetación secundaria	0.19
Vegetación secundaria arbórea con individuos de mangle	2.76
Vegetación secundaria con individuos de mangle	31.80
Vegetación secundaria de selva mediana	7.85
Subtotal	2,301.67
Obras fuera de la ZII	6.65
Total	2,308.33

Como se ha referido con anterioridad y se detalla en el Capítulo 4, en la región existe un Capital Natural formado por ecosistemas (lagunar estuarino, manglares, humedales dulceacuícolas de influencia mareal y pastos marinos, entre otros), así como geoformas (planicies inundables, petenes y barrera arenosa) y recursos naturales de gran valor y sensibilidad ambiental, que proveen bienes y servicios ambientales que son estratégicos para la región y el destino turístico. Por lo que el diseño y desarrollo del proyecto, plantea el aprovechamiento sostenible y responsable, sin comprometer la conservación de la estructura y funcionamiento ecológico de los ecosistemas y recursos naturales asociados en el SAR en el que se inserta El Proyecto.

En concordancia con el objetivo de que El Proyecto no comprometa la estructura y función de los ecosistemas presentes en el SAR, está también el objetivo y compromiso de que se conserven y no se pongan en riesgo los bienes y servicios ambientales que los ecosistemas ofrecen en la región y el SAR. En la Tabla 2. 8 se presenta una aproximación conceptual de los bienes y servicios que los ecosistemas y ambientes ofrecen en el SAR y la región.

El objeto de esta aproximación es tener presente la relevancia de los bienes y servicios ambientales involucrados en la zona de influencia del proyecto y el SAR, para considerarlo en el análisis de impactos y la elaboración de propuestas de medidas de mitigación, compensación y rehabilitación que resulten aplicables para preservar los ecosistemas involucrados, los servicios que prestan y los procesos naturales que permiten su funcionamiento.

Tabla 2. 8. Bienes y servicios ambientales generados por los ecosistemas presentes en el SAR del proyecto, el SLN y humedales asociados.

BIENES Y SERVICIOS	TIPO DE AMBIENTES					
	1	2	3	4	5	6
APROVISIONAMIENTO: Bienes o productos obtenidos de los ecosistemas						
Recursos forestales no maderables						
Recursos pesqueros						
Recursos silvestres						
Recursos hidrológicos						
Recursos recreacionales						
Recursos paisajísticos						
Biodiversidad						
Germoplasma						
REGULACIÓN: Beneficios obtenidos de los procesos naturales y servicios generados por un ecosistema	1	2	3	4	5	6
Carga y recarga de acuífero						
Protección y estabilización litoral						
Captura y secuestro de carbono mitigación GEI						
Mantenimiento de la calidad del agua						
Retención de sedimentos y nutrientes						
Regulación microclimática						
SOPORTE: Servicios y procesos ambientales que dan soporte y mantienen otros ecosistemas	1	2	3	4	5	6
Hábitats críticos						
Ecosistemas						
CULTURALES: Beneficios no materiales obtenidos de los servicios brindados por un ecosistema	1	2	3	4	5	6
Recreación y turismo						
Desarrollo urbano						

- | |
|--|
| 1. Zona lagunar-estuarina |
| 2. Humedales de manglar |
| 3. Humedales dulceacuícolas |
| 4. Pastos marinos |
| 5. Selva mediana |
| 6. Barrera arenosa y cordones de dunas |

2.3.5. Inversión requerida

El Gobierno Federal contempla una inversión total antes de impuestos y valor agregado, de \$ 4,335,210,490.36 (Cuatro mil trecientos treinta y cinco millones doscientos diez mil cuatrocientos noventa 36/100 Moneda Nacional) para el “Diseño, Construcción, Financiamiento, Operación y Mantenimiento del Proyecto Puente Vehicular Nichupté”, por un plazo de 30 años.

Es importante destacar que de este monto, al momento se ha realizado una inversión de \$ 12,159,094.29 (doce millones ciento cincuenta y nueve mil noventa y cuatro 29/100 Moneda Nacional) para la realización de todos los estudios de viabilidad, LBA e impacto ambiental para sustentar la propuesta de diseño, proceso constructivo y manejo integral de los impactos ambientales esperados con el desarrollo del proyecto.

Es importante destacar también, que teniendo una visión de largo plazo, el Gobierno, tiene previsto: a) un monto de \$ 43, 431,667.00 (Cuarenta y tres millones cuatrocientos treinta y un mil seiscientos sesenta y siete 00/100 Moneda Nacional) para la implementación de todos los programas de manejo ambiental (incuyendo las medidas de mitigación, rehabilitación supervisión y monitoreo ambiental) para la fase de construcción y b) un monto de \$ 191,432,835.62 (Ciento noventa y un millones cuatrocientos treinta y dos mil ochocientos treinta y cinco 62/100 Moneda Nacional) para el programa de manejo y monitoreo ambiental que será requerido al 2054 para la fase de operación y mantenimiento del proyecto.

2.3.6. Dimensiones del proyecto

El Proyecto por su ubicación y dimensiones está planteado para desarrollarse en dos zonas: a) las que se ubicarán en zona terrestre (accesos y entronques) y b) las que se propone construir sobre el SLN. Además, se prevén dos tipos de aprovechamiento: a) temporal, cuya duración se acotará al tiempo en el que se lleven a cabo las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto y, b) permanente, que corresponde a las obras cuyo funcionamiento se mantendrá el tiempo de vida útil que tendrá el Proyecto.

Otro aspecto a resaltar respecto a la superficie permanente del Proyecto, es que esta está compuesta por una afectación directa y una afectación indirecta. Como se describe más adelante, la afectación directa corresponde con la superficie de contacto que tendrán las obras del Proyecto con los diferentes usos de suelo y tipos de vegetación o ambientes

lagunares. Mientras que, la afectación indirecta, corresponde con el área que se ubica debajo de la sombra que generará la superficie de rodamiento del puente en el trayecto elevado, contemplando que esta será de 8.6 Km de largo (en su parte elevada) por el ancho del tablero que va de los 5.6 m hasta llegar a los 14.9 m de ancho.

Dicho esto, a continuación se describen las dimensiones del Proyecto partiendo de la temporalidad de sus obras (aprovechamiento permanente y aprovechamiento temporal):

2.3.6.1. Áreas de aprovechamiento permanente

Como se mencionó anteriormente, el Proyecto es una vialidad urbana la cual contará con una estructura de 8.6 km de longitud (sin contemplar entronques) con un ancho de tablero inicial de 5.6 m (en el entronque con Av. Colosio) que podrá llegar a 14.9 m.

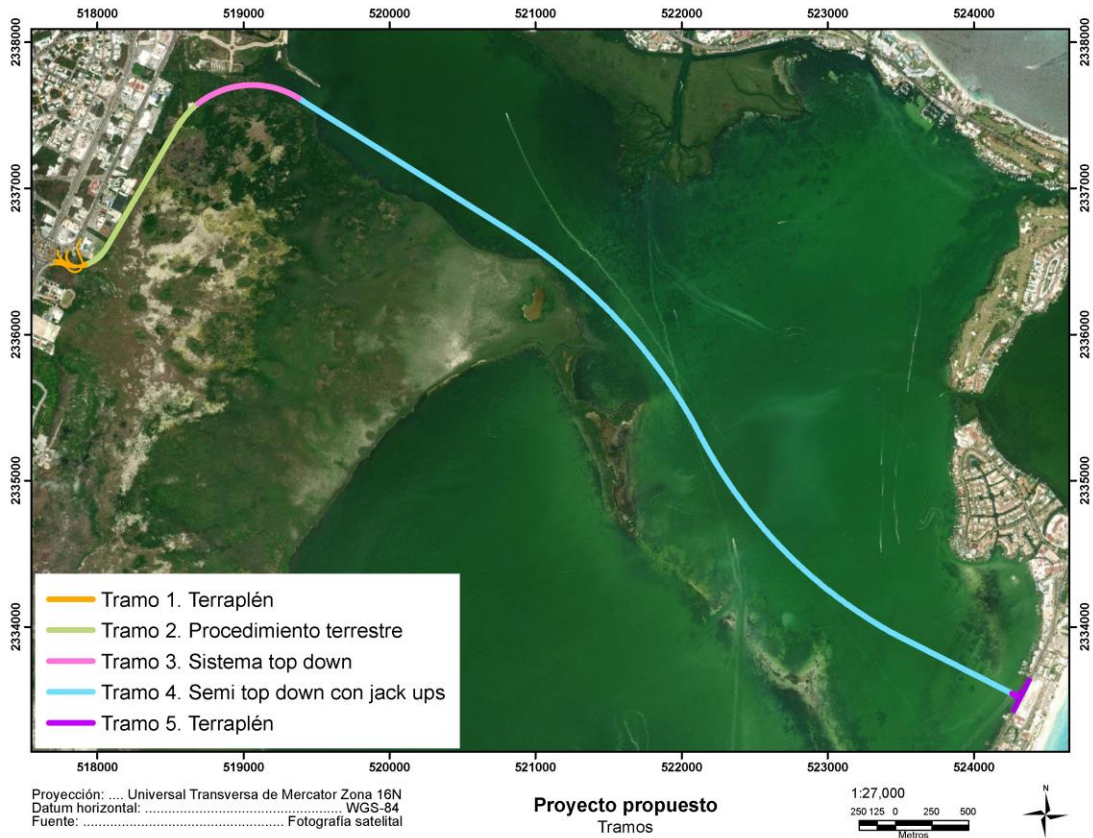
El proyecto contempla 220 ejes o puntos de apoyo, con una separación de 35 a 42 m, los cuales soportarán 3 pilas por eje obteniendo un total de 660 pilas de afectación directa en el suelo y en el fondo lagunar. Para una mejor comprensión y descripción del proyecto, se secciona en 5 tramos clasificados según sus características específicas con relación al tipo de superficie por el que cruza, y el tipo de intervención, nombrados como se muestra en la Tabla 2. 9 y Figura 2. 19.

Para los tramos 2 y 3, la altura del Proyecto estará en promedio 3.0 m por arriba de la vegetación. La cantidad de individuos que rebasan los 6 m son pocos y se encuentran de forma aislada. El tramo 4, alcanzará una altura sobre el cuerpo de agua de hasta 10 m en la zona de paso de las embarcaciones más altas, para posteriormente disminuir su pendiente hasta el terraplén del lado opuesto.

Tabla 2. 9. Tramos trayecto

Tramo	Longitud (km)	Altura (m)	Referencia	Procedimiento constructivo
1	0.17	5-7	Entronque oeste (Zona Urbana) ²	Terraplenes
2	1.21	3	Zona Tasistales	Sistema terrestre
3	0.68	3	Zona de Manglar	Top Down
4	6.72	5-10	Zona Lagunar	Semi Top Down con Jack ups
5	0.02	3	Entronque este (Zona Hotelera)	Terraplenes

Figura 2. 19. Plano de los tramos que comprenden el Proyecto.



Se considera una altura que varía desde los 2 m hasta alcanzar la altura máxima desde el nivel de rasante al nivel de terreno natural de 14.40 m.

La conformación de la estructura será modular, con pilas de acero y concreto piloteadas en proporción de 3:1, empotradas en la roca caliza. La distancia entre los centros de los pilas será de 5.4 m. Las pilas tendrán un diámetro aproximado de 1.50 m, lo cual representa la superficie de afectación directa de 1.77 m² por pila.

Se contempla la suspensión de la superestructura a través de 660 pilas de acero, 483 de ellos sobre el cuerpo lagunar y 177 pilas sobre zonas con vegetación de sabana, manglar y selva baja y secundaria.

En total, la superficie de **aprovechamiento directo del Proyecto**, considerando tanto el aprovechamiento temporal como el permanente será de **10.6202 ha** (106,201.75 m²). En la Tabla 2. 10 se presentan las superficies de cada uno de los elementos temporales y permanentes del Proyecto por tramo.

Tabla 2. 10. Superficies de aprovechamiento directo del Proyecto.

Tramo	Permanente (m ²)				Temporal (m ²)					Total (m ²)
	Área de usos múltiples permanente	Pila	Terraplén	Subtotal	Camino	Ramal	Área de usos múltiples temporal	Patio de maniobras	Subtotal	
1	1,260.02		5,961.90	7,221.92			11,236.48		11,236.48	18,458.40
2		211.72		211.72	7,432.54	3,567.96		1,365.30	12365.80	12,577.52
3		100.57		100.57					0.00	100.57
4		852.08		852.08					0.00	852.08
5			7677.66	7677.66					0.00	7,677.66
Patio de Maniobras								66,535.50	66,535.50	66,535.50
Total	1,260.02	1,164.37	13,639.56	16,063.94	7,432.54	3,567.96	11,236.48	67,900.80	90,137.78	106,201.72

Fuente: Elaboración propia con datos de AGEPRO, 2021.

El Tramo 1, estará constituido por un terraplen en una superficie de desplante de 0.60 ha (5,961.90 m²), el cual servirá como entronque y rampa de acceso para el Puente Vehicular. También se contará con áreas para usos múltiples, de los cuales, 1.1260 ha (1,260.02 m²) serán de carácter permanente y 1.1236 ha (11,236.5 m²) serán temporales. En total, la superficie de desplante del Tramo 1 será de 1.8458 ha (18,458.4 m²), sin embargo, solo 0.7222 ha (7,221.92 m²) serán permanentes, la superficie temporal será reforestada una vez haya concluido su función durante la construcción (Figura 2. 20).

En el Tramo 2 es en donde da comienzo la parte elevada del Puente, por lo que la superficie de desplante permanente corresponde únicamente a la superficie de contacto de las pilas, sumando una superficie de 0.0212 ha (211.72 m²). Sin embargo, por su ubicación el tipo de proceso constructivo más adecuado, seleccionado para esta área, es el de un sistema terrestre / Semi Top Down, para lo cual se requiere el uso de áreas de aprovechamiento temporal, conformadas por un camino de acceso, un ramal y patios de maniobras desde donde estará trabajando la maquinaria para la colocación de las columnas. En total la superficie de aprovechamiento temporal requerida para este tramo es de 1.2366 ha (12,365.80 m²); al término de uso, esta superficie será reforestada en su totalidad. En la Figura 2. 21, se muestra la distribución de las obras que integran este Tramo 2.

Los Tramos 3 y 4 serán completamente soportados sobre pilas y para su construcción no se requerirá de una superficie adicional de aprovechamiento (Figura 2. 22 y Figura 2. 23). Es así que la superficie de aprovechamiento permanente para estos Tramos será de 0.0101 ha (100.57 m²) para el Tramo 3 y de 0.0852 ha (852.08 m²) para el Tramo 4, por el desplante de las pilas.

El Tramo 5 corresponde al entronque con el Boulevard Kukulkan por lo que desplante será totalmente terrestre (Figura 2. 24.). Consiste en un terraplen que ocupará una superficie de aprovechamiento permanente de 0.7678 ha (7,677.66 m²).

Los planos que se muestran a continuación están contenidos dentro del Anexo cartográfico digital que acompaña a esta MIA-R.

Figura 2. 20. Tramo 1 – Entronque Oeste con la Zona Urbana de Cancún.



Figura 2. 21. Tramo 2 – Zona Sabana

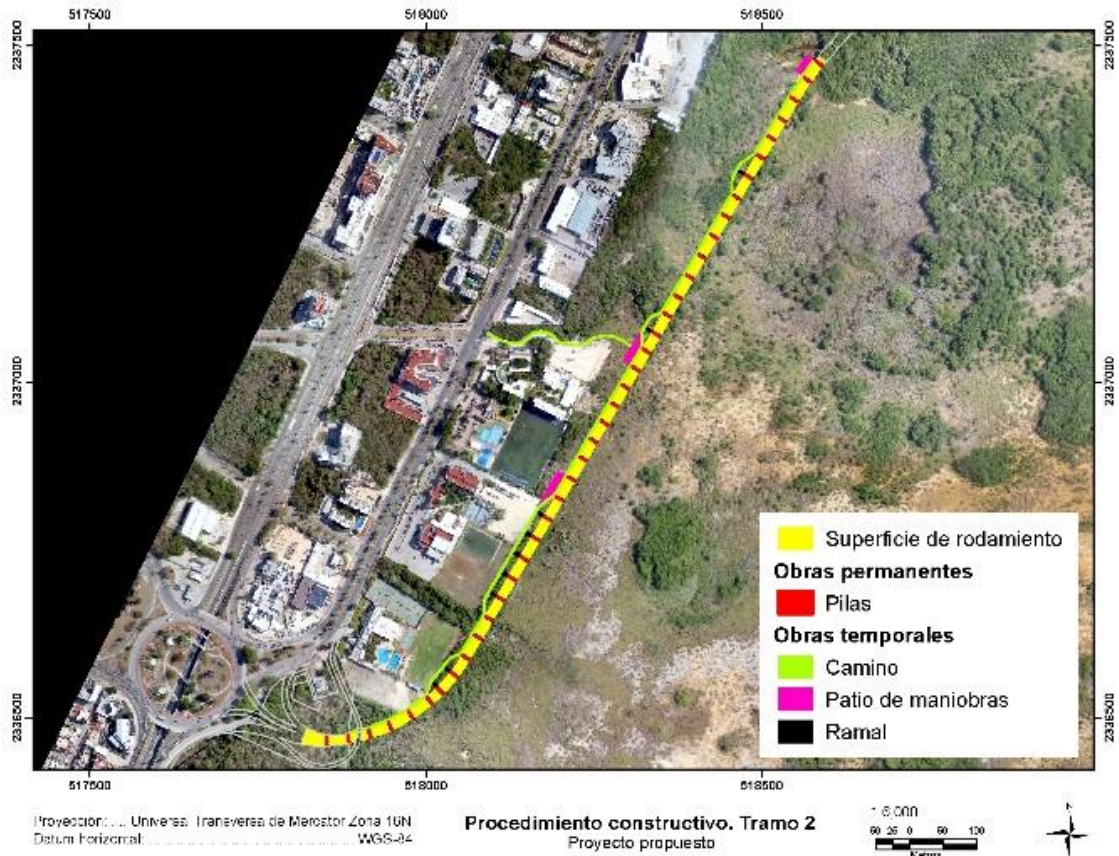


Figura 2. 22. Tramo 3 – Zona de Manglar con procedimiento constructivo de Top Down (lanzadora)

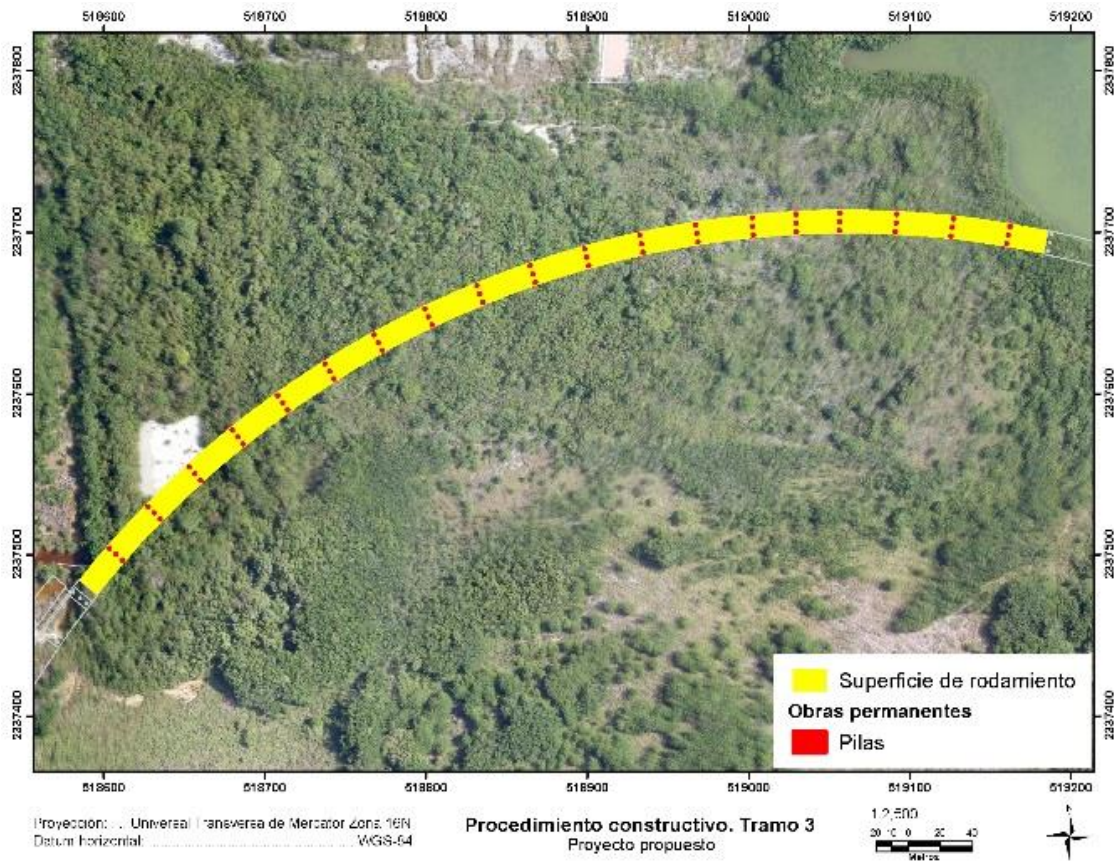


Figura 2. 23. Tramo 4 – Zona Lagunar

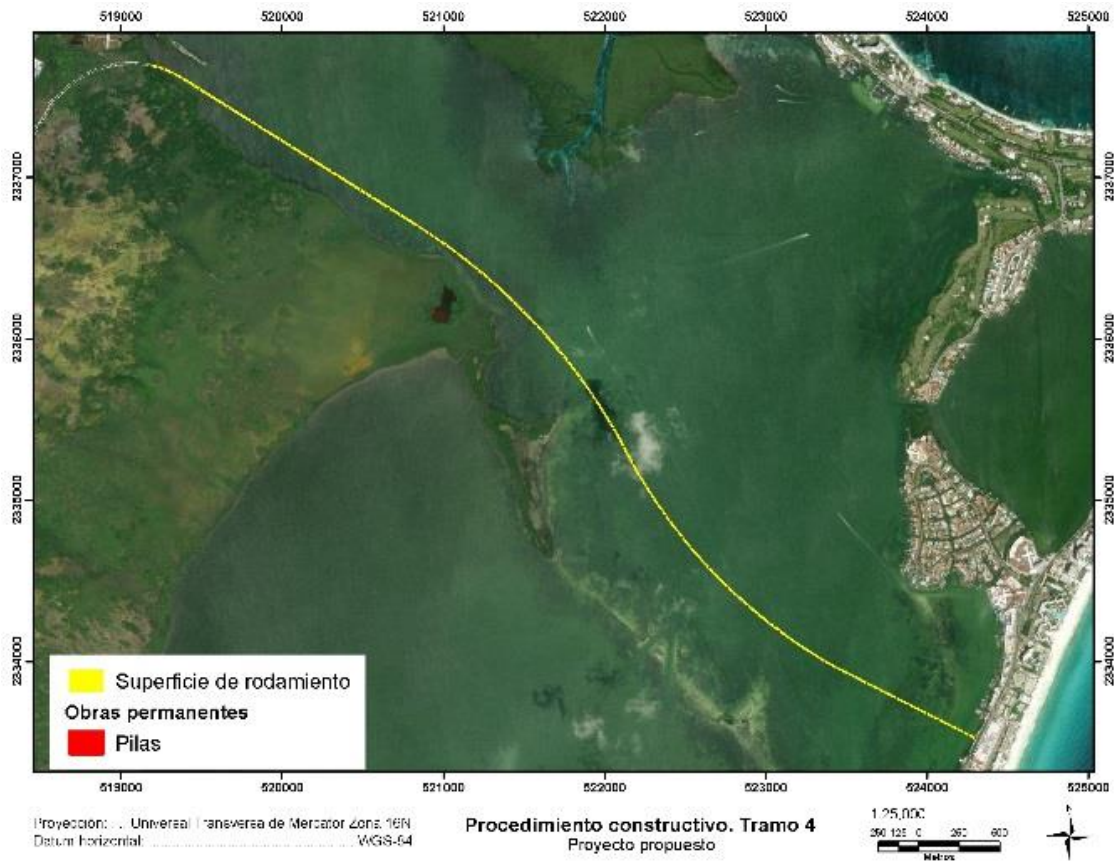
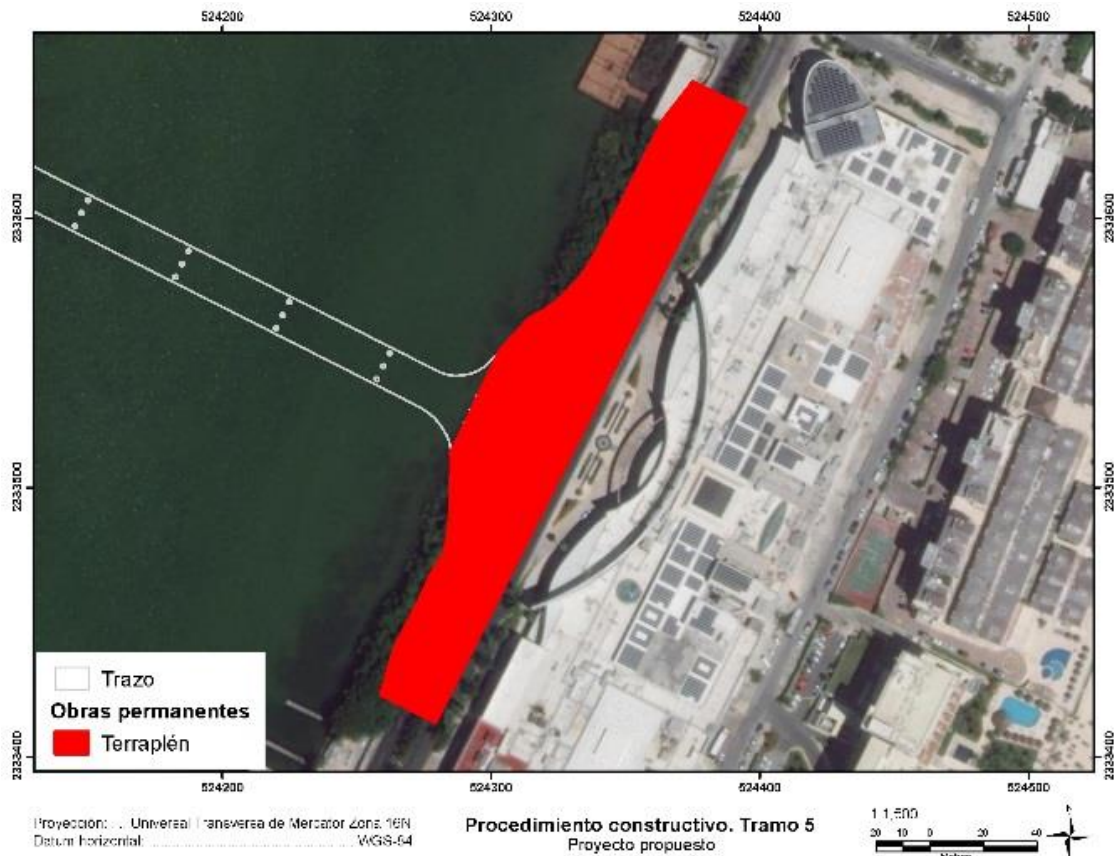
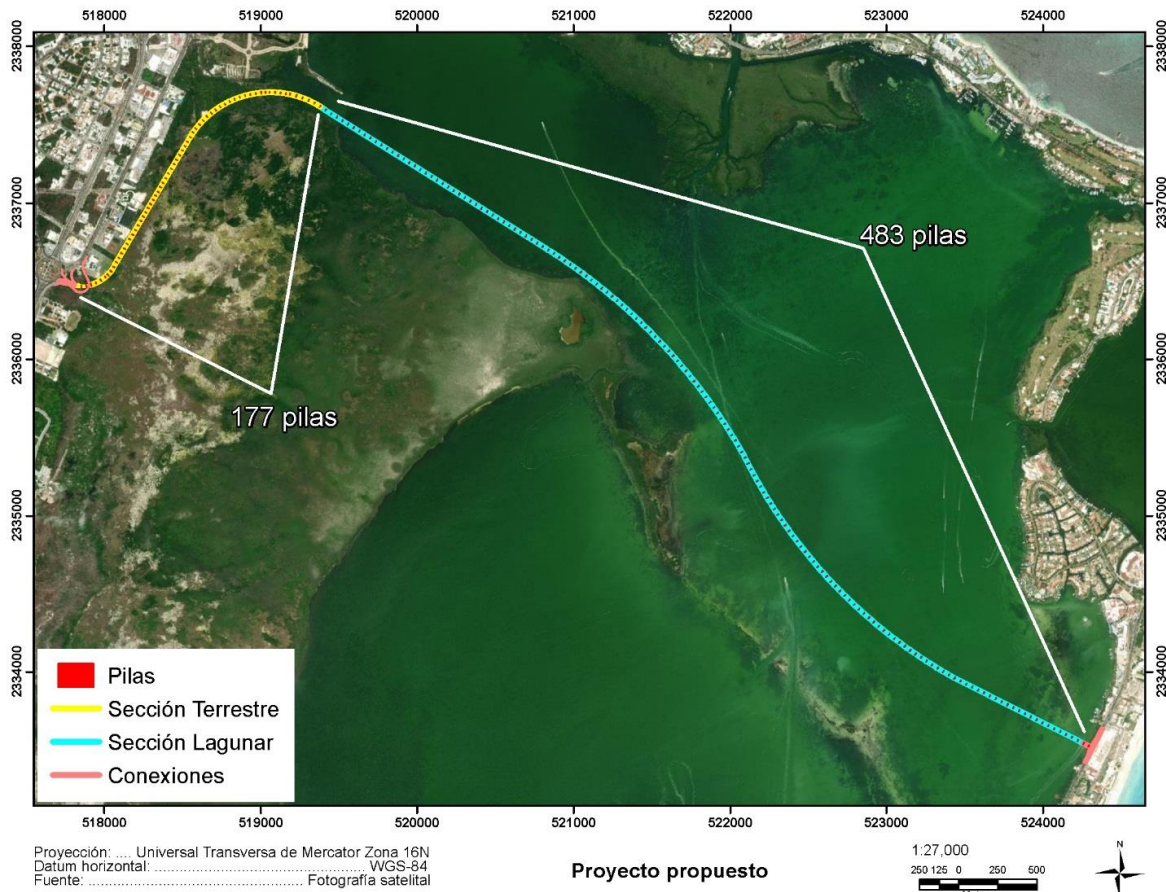


Figura 2. 24. Tramo 5 – Entronque Este con la Zona Hotelera de Cancún



Lo anterior indica una superficie de aprovechamiento permanente y directo al suelo, estimada por los diámetros de contacto de las 660 pilas de un total de 0.12 ha (1,164.36 m²), de los cuales 483 pilas en el cuerpo lagunar suman la superficie de 0.085 ha (852.08 m²) y en la zona terrestre las 177 pilas suman un total de aprovechamiento de 0.03 ha (312.28 m²). En la Figura 2. 25 se muestra la distribución de las pilas de acuerdo con la zona de desplante.

Figura 2. 25. Localización de las pilas en las zonas terrestre y lagunar del proyecto



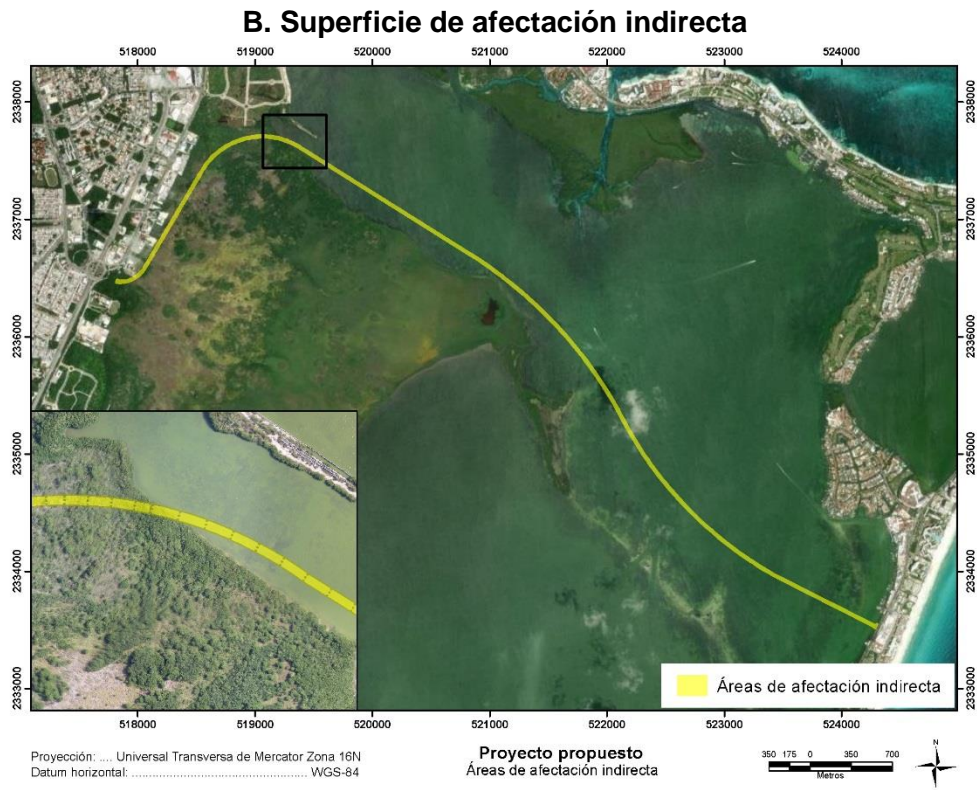
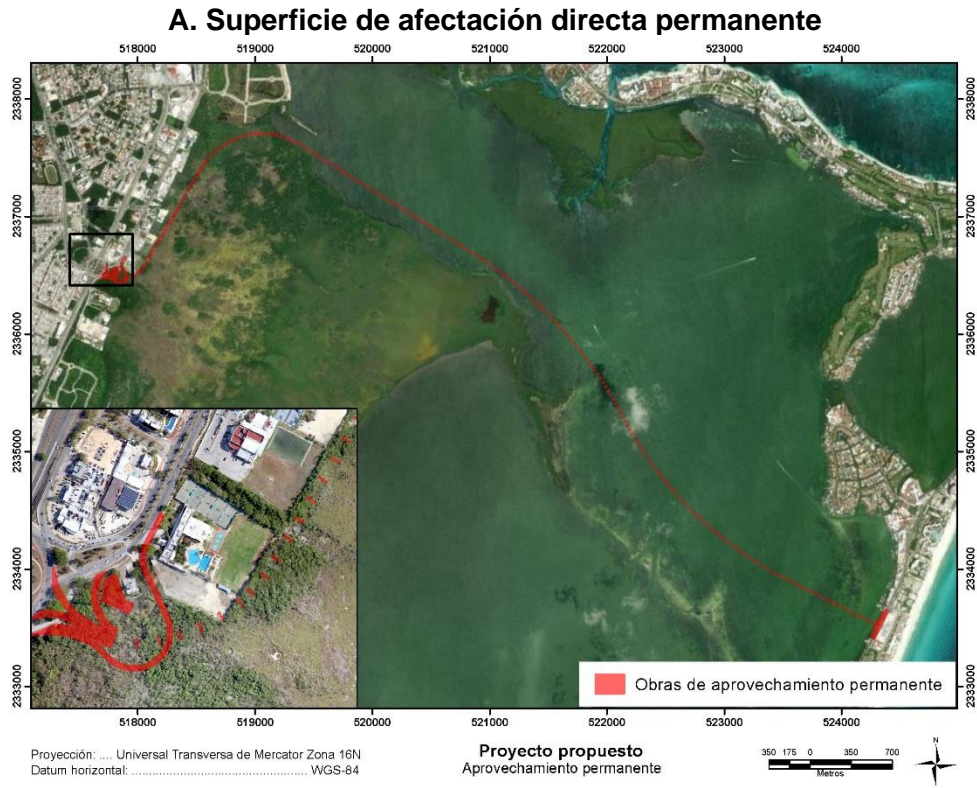
Adicionalmente, para la construcción del Proyecto se considera el uso temporal de un Patio de Maniobras, en un predio cercano al frente de trabajo con una superficie de 6.6536 ha (66,535.53 m²). En el siguiente apartado se dan más detalles sobre este Patio.

Es así que, la superficie de aprovechamiento temporal como el permanente del Proyecto será de (10.6202 ha) 106,201.75 m². Esta superficie corresponde con el área de afectación directa del Proyecto; por otro lado, si se considera el trazo total y el ancho del puente de 14.9 m, se puede estimar **una superficie de afectación indirecta** (sombra debajo de la superficie de rodamiento) **de 12.4876 ha** (124,876.42 m²); de las cuales 2.5527 ha (25,527.02 m²) se ubicarán sobre zona terrestre y 9.9349 ha (99,349.39 m²) sobre la zona lagunar. Para mayor claridad en la Tabla 2. 11 se presenta esta información detallada y su distribución se muestra en la Figura 2. 26.

Tabla 2. 11. Superficie de afectación del Proyecto por tramo y tipo de aprovechamiento.

Tramo	Superficie de Afectación directa (m ²)					Superficie de afectación indirecta (m ²)	
	Permanente		Temporal	Subtotal		Lagunar	Terrestre
	Lagunar	Terrestre	Terrestre	Lagunar	Terrestre		
1		7,221.92	11,236.48	0.00	18,458.40		
2		211.72	12,365.80	0.00	12,577.52		15,729.39
3		100.57		0.00	100.57		9,797.63
4	852.08			852.08	0.00	99,349.40	
5	662.54	7,015.12		662.54	7,015.12		
Patio de maniobras			66,535.53		66,535.53		
Total	1,514.62	14,549.33	90,137.81	1,514.62	104,687.14	99,349.40	25,527.02
Total	16,063.95		90,137.81	106,201.76		124,876.42	

Figura 2. 26. Distribución de los tipos de aprovechamiento permanente del Proyecto.



Como parte de los estudios de LBA que se realizaron para la presente MIA-R y para el estudio técnico justificativo para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (ETJ), se realizaron trabajos de campo y gabinete para el análisis forestal a detalle a lo largo y ancho de toda la trayectoria del proyecto. Esto con la finalidad de poder determinar con mayor precisión los impactos sobre los diferentes tipos de vegetación y ambientes marinos. Esto es importante porque como se describira mas adelante en este capítulo, el sistema constructivo que fue seleccionado para los Tramos 2, 3 y 4 es el que ha sido utilizado como el adecuado para ser desarrollado en áreas ambientalmente sensibles como son las de humedales y lagunas costeras.

Es así que, con base en a) la aplicación de los criterios y premisas definidas por el equipo multidisciplinario que participó en la elaboración de esta MIA-R para el diseño y desarrollo del proyecto, b) el análisis del estudio de viabilidad y los estudios de LBA del proyecto, c) la aplicación de los criterios de selección establecidos para la ubicación del proyecto y descritos en esta sección, d) trabajos de campo (que permitieron identificar con precisión las zonas de manglar y las áreas de restricción legal), fue posible concluir **el trazo con viabilidad ambiental para el desarrollo de El Proyecto** (Figura 2. 13).

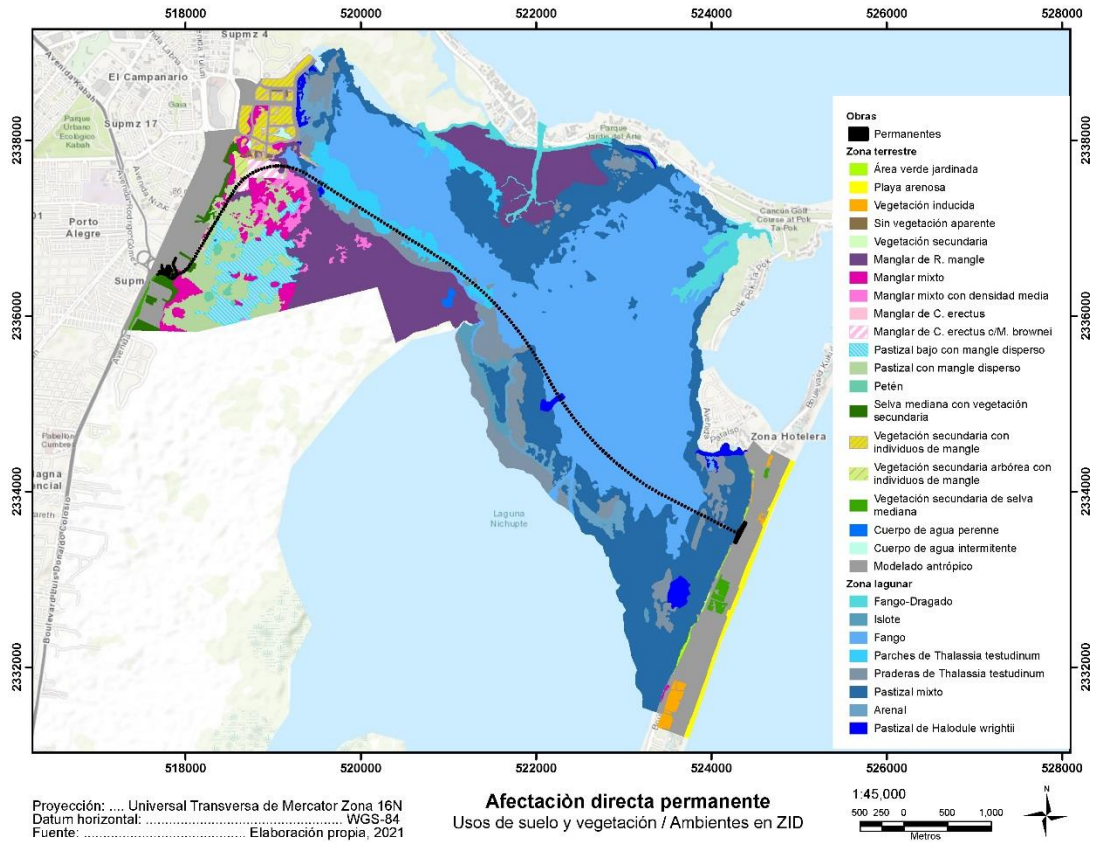
Dicho esto, a continuación se presenta el análisis respecto a los tipos de vegetación, usos de suelo y ambientes lagunares sobre los que se prevé el desplante de las obras del Proyecto. Como se observa en la Tabla 2. 12 y Figura 2. 27 el Proyecto considera una superficie de afectación directa permanente en su parte terrestre sobre vegetación de manglar de 0.0651 ha (650.87 m²) y 0.0110 ha (109.62 m²) con vegetación con presencia de mangle; así como sobre selva en 0.5586 ha (5,585.92 m²), y sobre áreas previamente impactadas (áreas jardinadas o con modelado antrópico) en 0.7263 ha (7,262.82 m²); respecto a la afectación directa permanente en su parte lagunar, se prevé una afectación de 0.0757 ha (756.97m²) sobre pastizales, 0.266 ha (266.39 m²) sobre un área de parches aislados de *Thalassia*, 0.0041 ha (40.58 m²) sobre praderas de *Thalassia* y 0.0443 ha (443.19 m²) sobre fango. Con respecto a lo anterior, es importante señalar que la naturaleza del Proyecto y dadas las escalas de trabajo en los estudios de LBA, el reconocimiento de asociaciones vegetales es mucho mayor que el reconocido por INEGI en la Serie VI, sin embargo, están contenidas en estas últimas.

Tabla 2. 12. Superficie de afectación directa permanente por obras y tramo del Proyecto propuesto.

Tra mo	Zona	Tipos de vegetación	Área de Usos Múltiples (m2)	Pila (m2)	Terraplén (m2)	Total (m2)
1	Terres tre	Manglar mixto			494.04	494.04
		Modelado antrópico			1,178.71	1,178.71
		Selva mediana con vegetación secundaria	1,260.02		4,050.70	5,310.72
		Vegetación secundaria de selva mediana			238.44	238.44
Subtotal Tramo 1			1,260.02		5,961.90	7,221.92
2	Terres tre	Cuerpo de agua intermitente		7.31		7.31
		Manglar de <i>C. erectus</i>		14.90		14.90
		Manglar de <i>C. erectus</i> c/ <i>M. brownei</i>		3.53		3.53
		Manglar de <i>R. mangle</i>		0.09		0.09
		Manglar mixto		34.22		34.22
		Modelado antrópico		5.29		5.29
		Pastizal con mangle disperso		109.62		109.62
		Selva mediana con vegetación secundaria		36.76		36.76
Subtotal Tramo 2				211.72		211.72
3	Terres tre	Manglar de <i>C. erectus</i> c/ <i>M. brownei</i>		81.16		81.16
		Manglar de <i>R. mangle</i>		10.96		10.96
		Manglar mixto con densidad media		4.92		4.92
		Sin vegetación aparente		3.53		3.53
Subtotal Tramo 3				100.57		100.57
4	Lagun ar	Fango		443.19		443.19
		Parches de <i>Thalassia testudinum</i>		266.39		266.39
		Pastizal de <i>Halodule wrightii</i>		10.58		10.58
		Pastizal mixto		84.29		84.29
		Praderas de <i>Thalassia testudinum</i>		40.58		40.58
	Terres tre	Manglar de <i>R. mangle</i>		7.06		7.06
Subtotal Tramo 4				852.08		852.08
5	Lagun ar	Pastizal mixto			662.10	662.10
	Terres tre	Área verde jardinada			1,715.95	1,715.95
		Modelado antrópico			5,299.61	5,299.61
Subtotal Tramo 5					7,677.66	7,677.66
Total			1,260.02	1,164.37	13,639.56	16,063.94

Fuente: Elaboración propia. Interpretación de fotografía aérea y verificación de campo.

Figura 2. 27. Tipos de vegetación que serán afectados de manera directa por el aprovechamiento permanente del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia. Interpretación de fotografía aérea y verificación de campo.

Para mejor detalle, en la Figura 2. 28 se muestra un acercamiento de los sitios de afectación directa del Proyecto sobre la vegetación de manglar y vegetación asociada a él; y, en la Figura 2. 29 la afectación directa sobre los ambientes lagunares de pastizales, praderas y parches de Thalassia que serán afectados de manera directa por el aprovechamiento permanente del Proyecto.

Figura 2. 28. Tipos de vegetación de manglar o asociados a él, que serán afectados de manera directa por el aprovechamiento permanente del Proyecto.

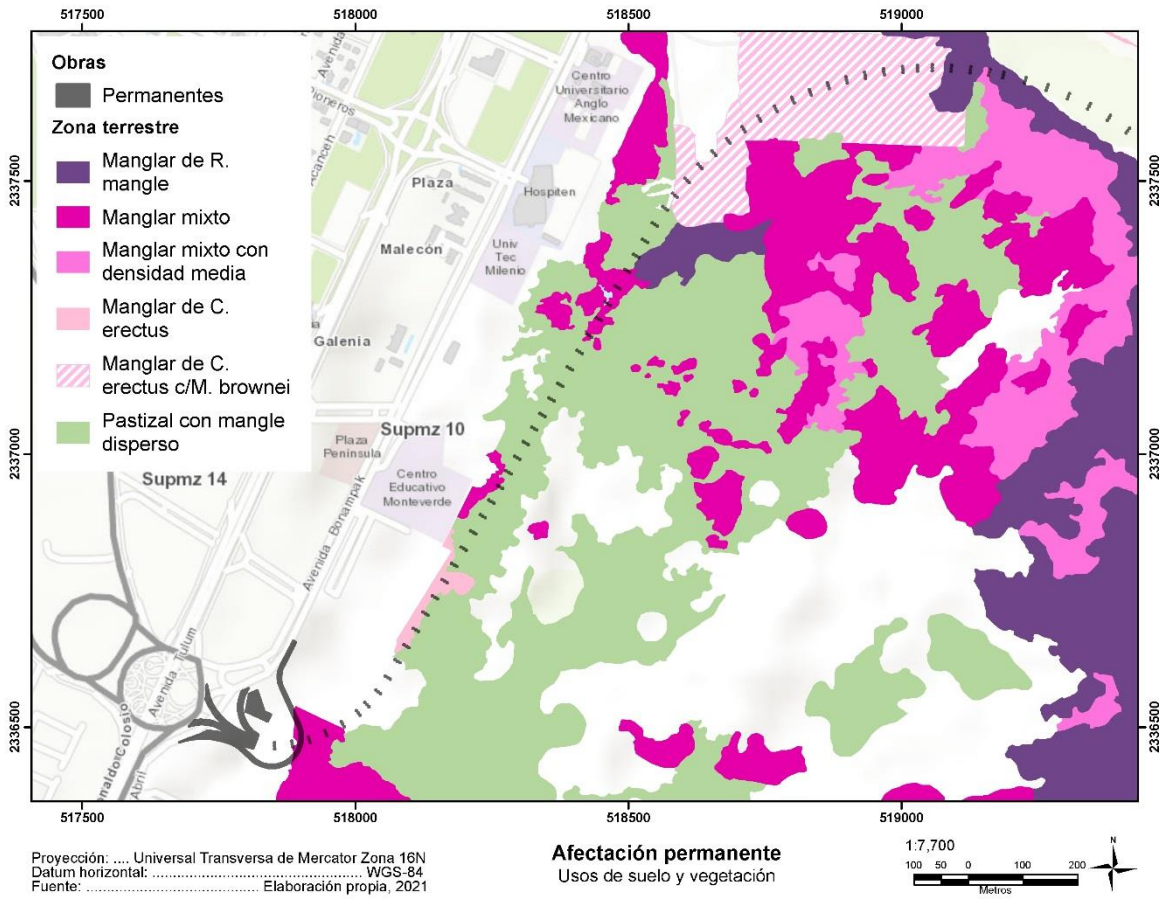
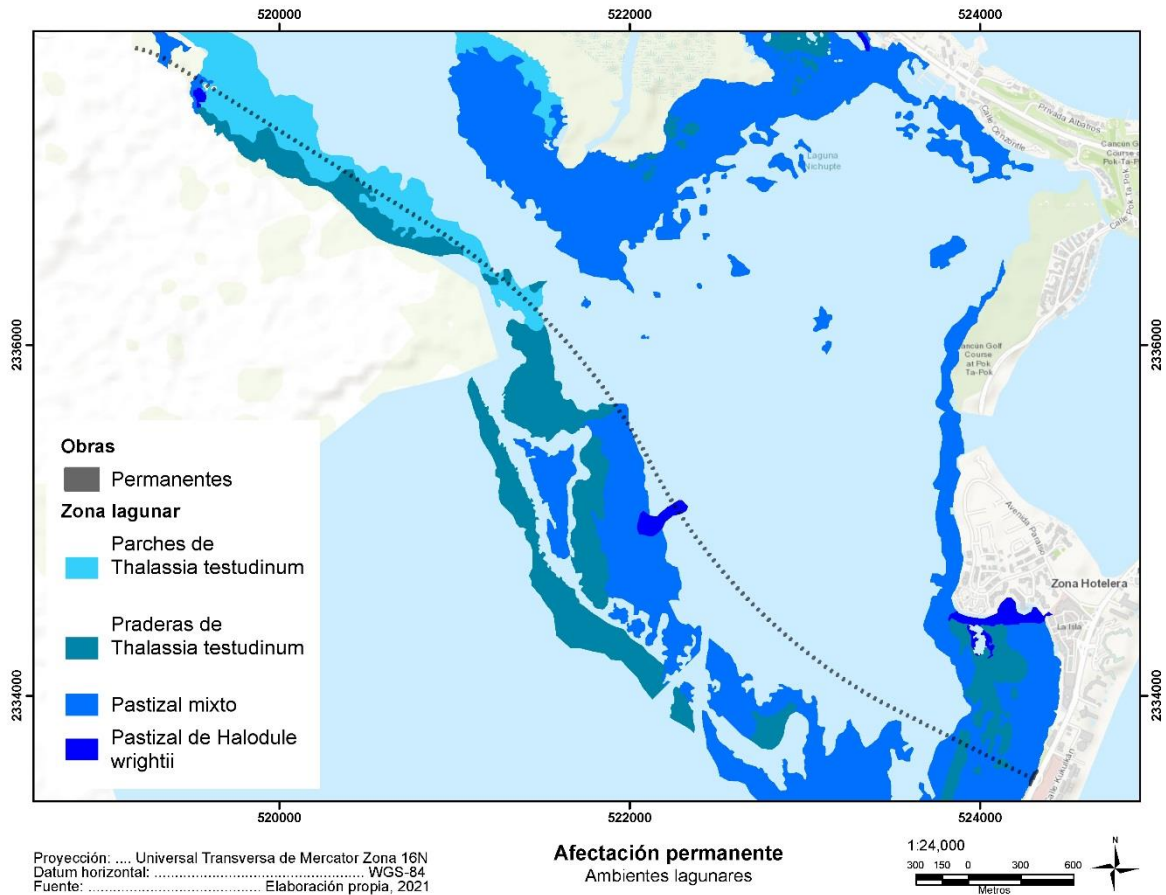


Figura 2. 29. Ambientes lagunares de pastizales, praderas y parches de *Thalassia* sobre los que se tendrá una afectación manera directa por el aprovechamiento permanente del Proyecto.



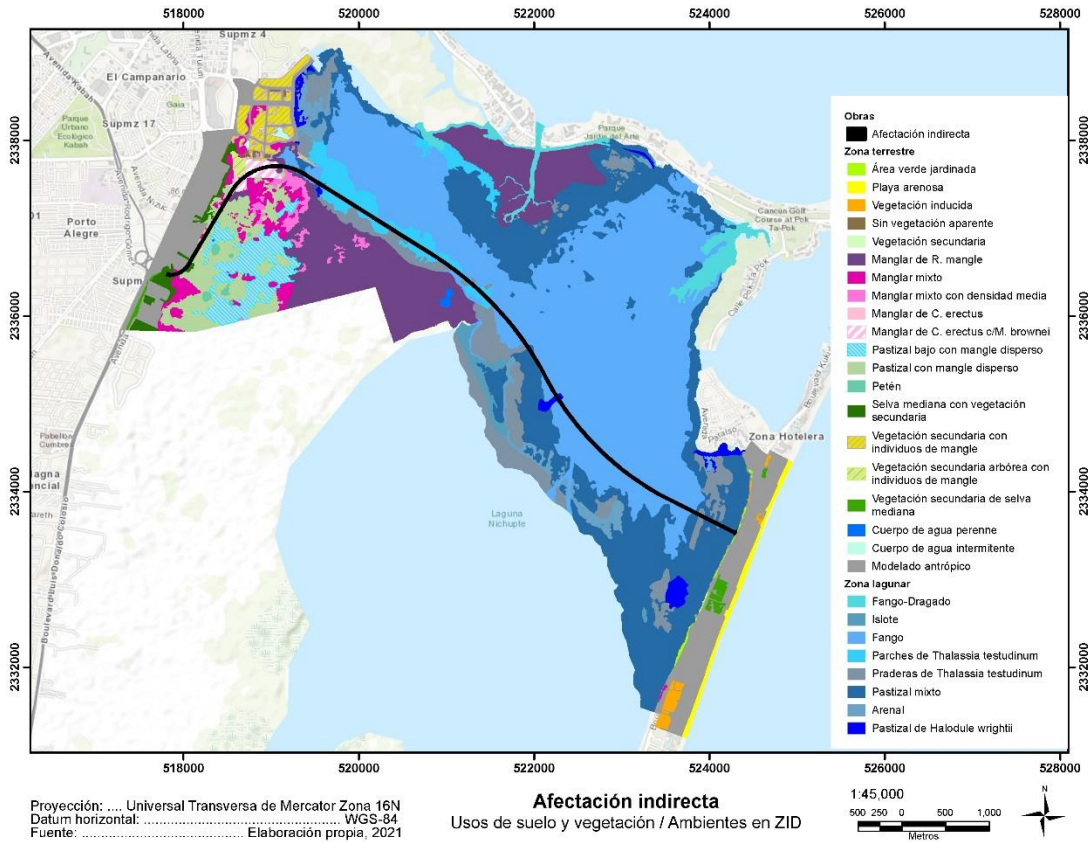
Respecto a la afectación indirecta, correspondiente a la superficie de sombra debajo de la superficie de rodamiento, se contempla que 1.4101 ha (14,101.03 m²) correspondan con vegetación de manglar, 0.8064 ha (8,063.98 m²) con vegetación de pastizal con mangle disperso y 0.2979 ha (2979.17 m²) con vegetación de Selva mediana con vegetación secundaria y, respecto a los ambientes marinos, 1.0827 ha (10,827.29 m²) se encontrarán sobre pastizales, 3.1452 ha (31,452.25m²) sobre parches aislados de *Thalassia* y 0.4422 ha (4,422.23m²) sobre praderas de *Thalassia* (Tabla 2. 13 y Figura 2. 30).

Tabla 2. 13. Superficies de afectación indirecta por la sombra debajo de la superficie de rodamiento del PVN.

Tramo	Zona	Sombra	Total (m2)
2	Terrestre	Cuerpo de agua intermitente	305.84
		Manglar de <i>C. erectus</i>	1,288.87
		Manglar de <i>C. erectus</i> c/ <i>M. brownei</i>	140.68
		Manglar de <i>R. mangle</i>	29.72
		Manglar mixto	2,691.17
		Modelado antrópico	229.96
		Pastizal con mangle disperso	8,063.98
		Selva mediana con vegetación secundaria	2,979.17
Subtotal Tramo 2			15,729.39
3	Terrestre	Manglar de <i>C. erectus</i> c/ <i>M. brownei</i>	7,786.05
		Manglar de <i>R. mangle</i>	1,377.01
		Manglar mixto con densidad media	208.07
		Sin vegetación aparente	426.50
Subtotal Tramo 3			9,797.63
4	Lagunar	Fango	52,068.17
		Parches de <i>Thalassia testudinum</i>	31,452.25
		Pastizal de <i>Halodule wrightii</i>	1,063.81
		Pastizal mixto	9,763.48
		Praderas de <i>Thalassia testudinum</i>	4,422.23
	Terrestre	Manglar de <i>R. mangle</i>	579.46
Subtotal Tramo 4			99,349.40
Total			124,876.42

Fuente: Elaboración propia. Interpretación de fotografía aérea y verificación de campo.

Figura 2. 30. Tipos de vegetación que serán afectados de manera indirecta por el aprovechamiento permanente del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia. Interpretación de fotografía aérea y verificación de campo.

La integralidad hidrológica y funcional del ecosistema de manglar no será afectada de ninguna forma en ningún momento del proyecto ya que los caminos temporales se ubicarán fuera de las áreas de manglar y además contarán con pasos hidráulicos y pasos de fauna. Una vez terminada la construcción del puente vehicular urbano, las áreas afectadas de forma temporal serán reforestadas a sus condiciones originales.

Es importante destacar que toda la vialidad urbana será elevada por lo que se garantiza el libre paso de fauna, la reducción del impacto a la cobertura vegetal y el mantenimiento de flujos hidrológicos superficiales y subterráneos.

Asimismo, la afectación sobre el fondo lagunar y, en particular, sobre los pastos marinos, se dará de forma muy puntual, únicamente en las superficie de ocupación de las columnas.

Para evitar la afectación de los pastos por dispersión de sedimentos, durante las excavación para las perforaciones, todos los lodos serán recuperados y dispuestos en un sitio definido para tal fin. Además, en los sitios de perforación, se contarán con cortinas antidispersión con una apertura de malla que evite que los lodos invadan áreas fuera de los sitios de trabajo.

Las áreas de aprovechamiento terrestres y lagunares permanentes se reducirán en gran medida a través de elevar la vialidad que en su totalidad será piloteada (sin considerar accesos y entronques en la parte terrestre).

Como se describe y compromete en el Capítulo 6, el proyecto considera la implementación de un **“Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar”** (PRMAAM) para áreas perturbadas por causas naturales y antrópicas en el SAR. Esto como medida de compensación por el impacto temporal de afectación de **0.9878 ha con presencia de mangle** (0.0761 ha por las pilas y el terraplen y 0.9117 ha por los patios temporales de maniobra).

El objetivo del PRMAAM como se ha mencionado, no solo es recuperar los individuos de manglar afectados para llevar el impacto a cero, sino llevarlo a un nivel de **“impacto neto positivo”**.

El PRMAAM plantea acciones y medidas para el mejoramiento hidrológico (microcanales) y acciones de reforestación de áreas degradadas. El impacto neto positivo planteado no solo se espera en términos de recuperación de individuos, si no en el mejoramiento de los bienes y servicios ambientales que serán obtenidos en las áreas de rehabilitación.

El PRMAAM comprometido, será parte de las medidas de mitigación y compensación de impactos ambientales en cumplimiento al Artículo 60TER de la LGVS, de la NOM-022-SEMARNAT-2003, la NOM-059-SEMARNAT-2010 y el criterio URB-36 del POELM-BJ.

Como se ha mencionado, como parte del PRMAAM se plantea rehabilitar 306.6 ha de humedales dentro del SAR en coordinación con la CONANP, preferentemente en sitios que han sido reconocidos en el estudio de manglar como degradados o muertos, como medida de compensación por la **afectación total de 0.9878 ha de vegetación de manglar por las obras temporales y permanentes** (0.3498 sobre manglar y 0.6379 ha sobre vegetación con individuos dispersos de manglar). Adicional a esta superficie, se cederán 305.85 ha

propiedad del gobierno del estado, a favor del Acuerdo de Destino de la CONANP; de estas, 208.44 ha están actualmente dentro del Acuerdo de destino y 97.41 ha fuera de este. Con esta superficie, se busca ampliar la superficie de conservación en beneficio del APFFMN. Entre las superficies aplicables por el PRMAAM y de donación a favor del acuerdo de destino, **la compensación por el desarrollo del Proyecto en beneficio de los humedales asciende a 612.45 ha.** Esto supone una proporción de compensación en términos de superficie de 1 a 620. El área de afectación temporal de manglar representa el 0.001% de los manglares en la ZID y la ZII del Proyecto.

El Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal (SRAAT) que se describe en la Sección de Áreas de Afectación Temporal, se plantea sea desarrollado en una primera etapa y el PRMAAM en una segunda. Los detalles se presentan en el Capítulo 5 y 6.

En síntesis una vez rehabilitadas las áreas contempladas en el SRAAT y PRMAAM, el área neta de afectación en términos de superficie y de cambio de uso de suelo será de 1.6064 ha (áreas de aprovechamiento permanente). Esta representa el 0.12% de la ZID+la ZII (ZIA) y el 0.03% del SAR. Se reitera que el área temporal será rehabilitada a través del SRAAT.

Partiendo de que el proyecto ha seguido una estrategia integral para el diseño y desarrollo sostenible; de manera paralela a esta MIA-R se realizaron los estudios necesarios para el estudio técnico justificativo para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (ETJ). Se realizaron trabajos de campo y gabinete para el análisis forestal a detalle a lo largo y ancho de toda la trayectoria del proyecto. Esto con la finalidad de poder corroborar la vegetación y superficie de la misma que potencialmente podría ser afectada por el Proyecto. Al respecto, se reitera que la superficie de desmonte señalada en esta MIA se encuentra dentro del área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales; por lo que previo al desmonte de la vegetación, se deberá contar con todos los permisos necesarios.

En este sentido, en la Figura 2. 31 se retoma un plano del ancho por longitud del puente en los Tramos 1 a 3 y 5 en los que se delimitan con precisión los rodales (polígonos) por tipos de vegetación existentes registrados durante los estudios forestales. Esto con el fin de evaluar el impacto que provocará el proyecto a nivel de individuos.

En la Tabla 2. 14 se presentan los datos derivados del estudio forestal realizado (mismo que se presentará para evaluación y resolución por parte de la Autoridad). El Proyecto en materia de impacto ambiental se ubicará dentro de la huella sometida para cambio de uso de suelo (ETJ) que resulte autorizada.

Figura 2. 31. Rodales (polígonos) delimitados por tipos de vegetación presentes en los Tramos 1, 2, 3 del proyecto.

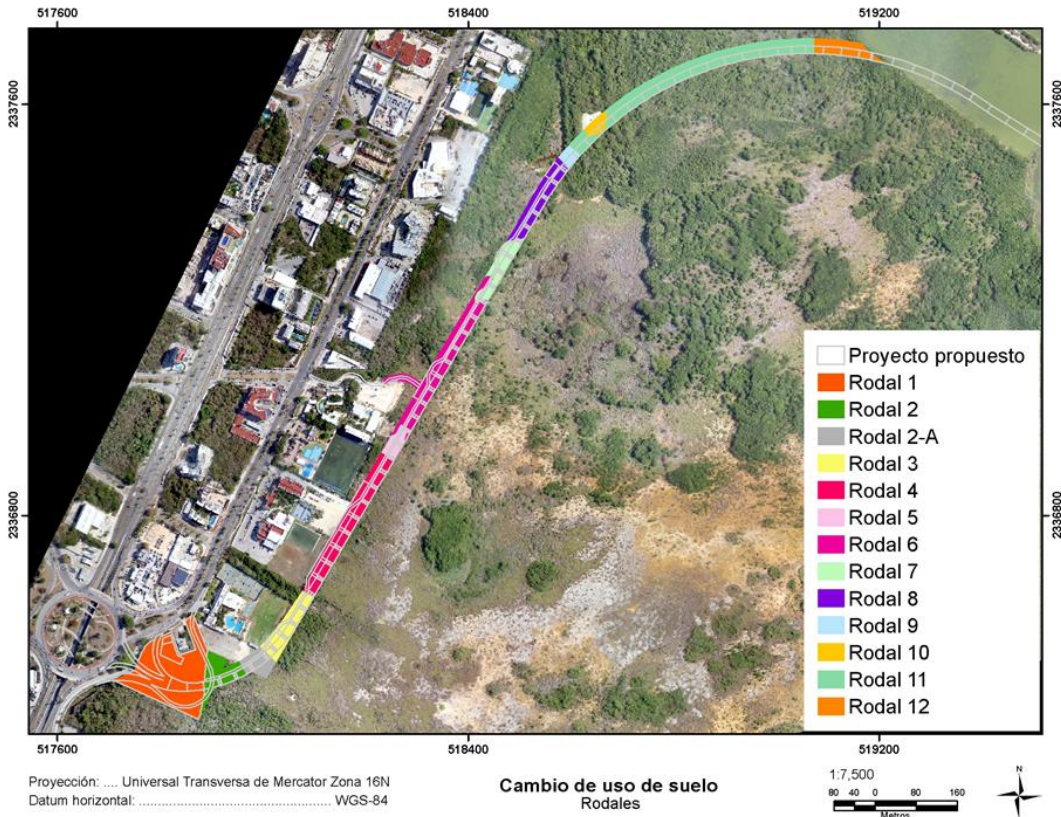


Tabla 2. 14. Superficies de aprovechamiento, en los diferentes rodales obtenidos del estudio forestal. Tabla retomada del ETJ solo con fines informativos para esta MIA-R.

Tipo de Ecosistema	Tramo	Superficie (Ha)	Solicitud de Cambio de Uso de Suelo (Has)
Selva mediana/vs arborea	T1	1.80	2.08
Selva mediana (Barda)	T1	0.12	
Area jardinada (vegetacion arborea)	T5	0.16	
Subtotal			2.08
Humedal	T2	1.10	1.10
	T3		
Subtotal			1.10
Total			3.18 has

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021), ajustada por GPPA.

2.3.6.2. Áreas de aprovechamiento temporal

Para la construcción del Proyecto y, en particular, para el proceso constructivo de los Tramos 1 y 2, se consideran áreas de afectación temporal en la zona terrestre para el acceso de la maquinaria, así como para las grúas que se utilizarán como parte del procedimiento terrestre y semi top down (Tramo 2). La superficie de afectación temporal será de 2.3602 ha (23,602.28 m²). Se contará con un camino que permitirá el acceso de maquinaria, personal y materiales. Para evitar el impacto a áreas ambientalmente sensibles, su ubicación y trayectoria ha sido perfectamente planificada para que sean totalmente habilitados fuera de las áreas de manglar. Aunque será un camino temporal, se tiene previsto que cuente con pasos hidráulicos y de fauna.

Es importante resaltar que, una vez concluida la etapa de construcción esta superficie temporal será restaurada a través de un Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal (SRAAT), el cual forma parte del Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS) del Proyecto.

erán requeridos caminos temporales que Una vez terminada la construcción del puente, las áreas afectadas de forma temporal, serán restauradas a través de un Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal (SRAAT).

En la Figura 2. 32 se muestra su ubicación y en la Tabla 2. 15 el detalle de sus superficies.

Figura 2. 32. Secciones con aprovechamiento temporal para el proyecto.



Tabla 2. 15. Superficies de aprovechamiento de las obras de aprovechamiento temporal

Fase	Obras temporales	Terrestre
		Superficie (m ²)
F1	Relleno	11,236.48
F2	Camino	7,432.54
	Patio de maniobras	1,365.30
	Ramal	3,567.96
Total		23,602.28

Respecto a la vegetación sobre la que se desplantarán estas obras temporales para la construcción del Proyecto, se reitera que esta solo será en la zona terrestre. De las cuales, 0.2848 ha (2,847.53 m²) serán sobre vegetación de manglar, 0.6270 ha (6,269.73 m²) en áreas de vegetación con presencia de mangle; así como sobre selva en 1.2138 ha (12,138.04 m²), y sobre áreas ya impactadas en 0.2019 ha (2,018.92 m²). Tal y como se puede observar en la Tabla 2. 16 y Figura 2. 33.

Tabla 2. 16. Superficie de afectación directa temporal por obra del Proyecto propuesto.

Tipos de vegetación	Relleno terraplén (m ²)	Camino (m ²)	Patio de maniobras (m ²)	Ramal (m ²)	Total (m ²)
Manglar de C. erectus		466.89	62.89	553.09	1082.87
Manglar de C. erectus c/M. brownei				56.21	56.21
Manglar de R. mangle				8.56	8.56
Manglar mixto	43.83	1068.6		587.46	1,699.89
Subtotal vegetación de manglar	43.83	1,535.49	62.89	1,205.32	2,847.53
Pastizal con mangle disperso		3454.38	1,151.72	1,663.63	6,269.73
Subtotal vegetación asociada a manglar		3,454.38	1,151.72	1,663.63	6,269.73
Selva mediana con vegetación secundaria	11,056.66	560.76		514.99	12,132.41
Vegetación secundaria de selva mediana	5.64				5.64
Subtotal vegetación de selva	11,062.29	560.76	0	514.99	12,138.04
Cuerpo de agua intermitente		114.16	120.69	93.19	328.04
Modelado antrópico	130.35	1,767.74	29.99	90.83	2,018.92
Subtotal otros	130.35	1881.9	150.69	184.02	2,346.97
Total	11,192.65	7432.54	1365.3	3,567.96	23,602.28

Figura 2. 33. Tipos de vegetación que serán afectados de manera temporal por el Proyecto.

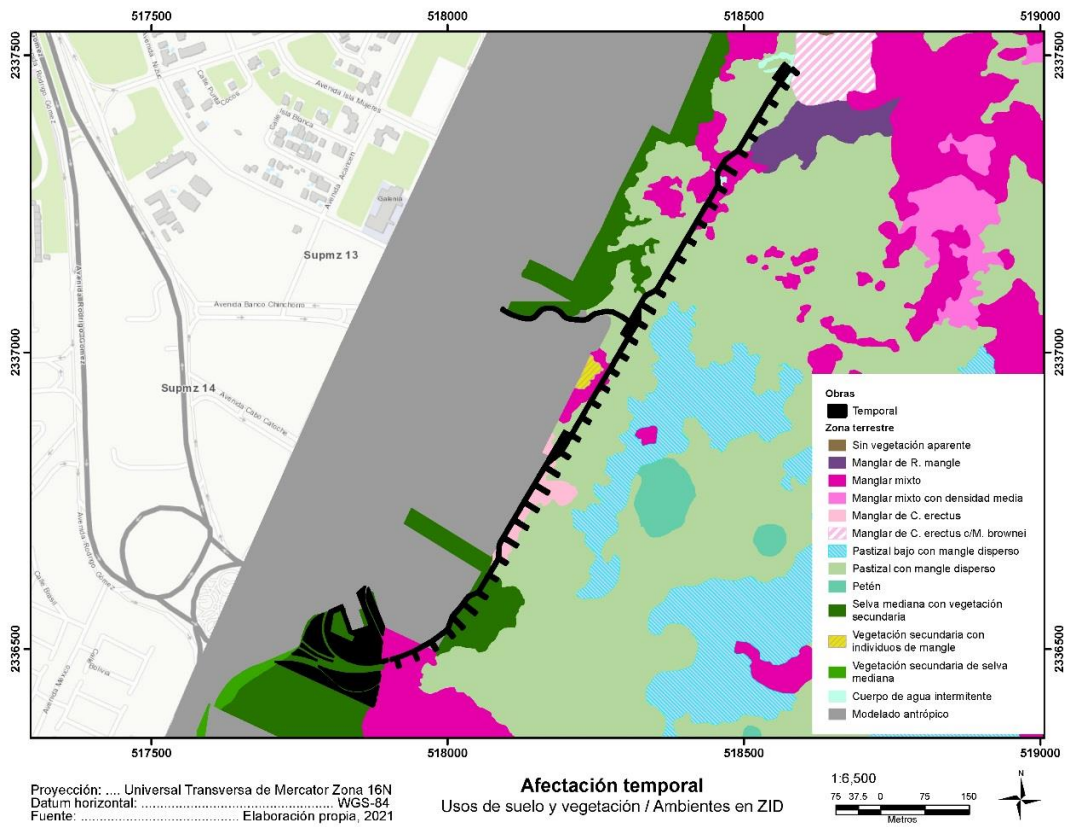
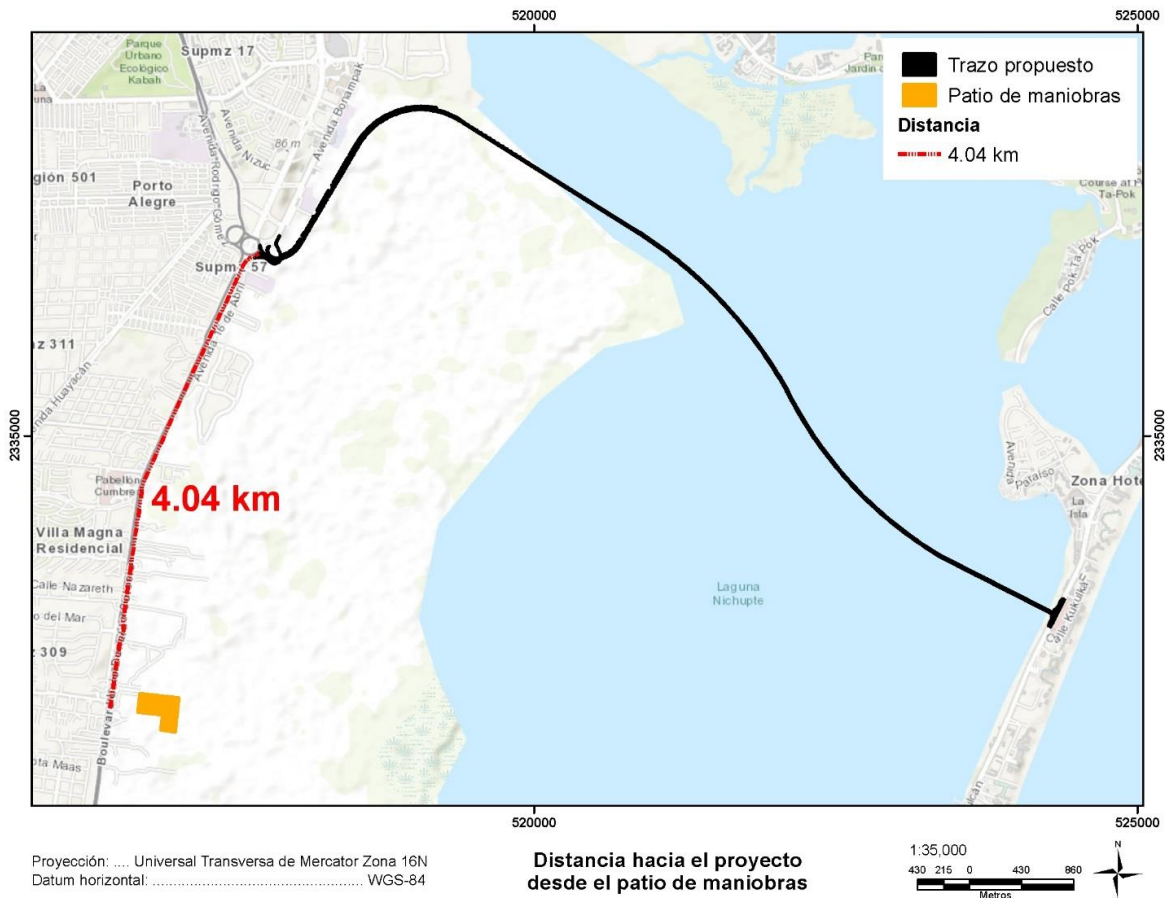
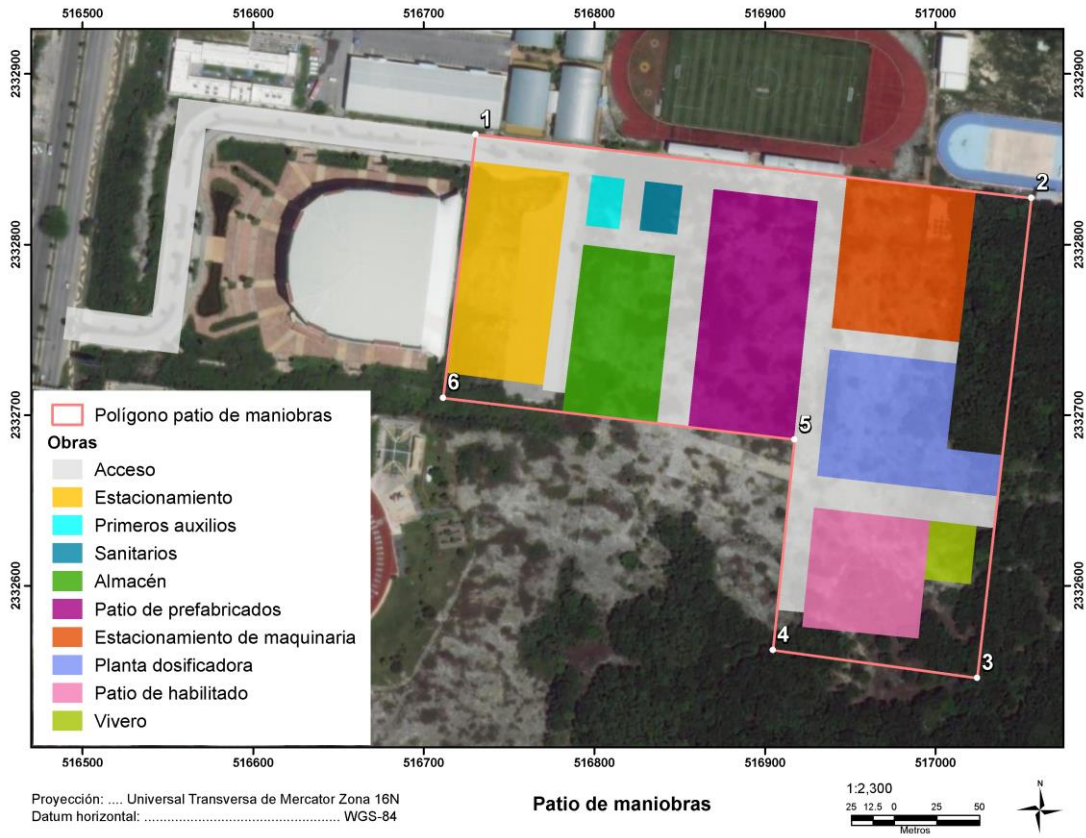


Figura 2. 35. Distancia hacia el proyecto desde el patio de maniobras.



En la Figura 2. 36, Tabla 2. 15 y se muestran los detalles planimétricos de estas obras complementarias. El proyecto en esta superficie ocupará sólo áreas desprovistas de vegetación. Es importante destacar que al concluir la fase de preparación y construcción del proyecto, las obras realizadas en la propiedad serán desmanteladas, se dará el manejo adecuado de los residuos .

Figura 2. 36 Área asignada para el patio de maniobras



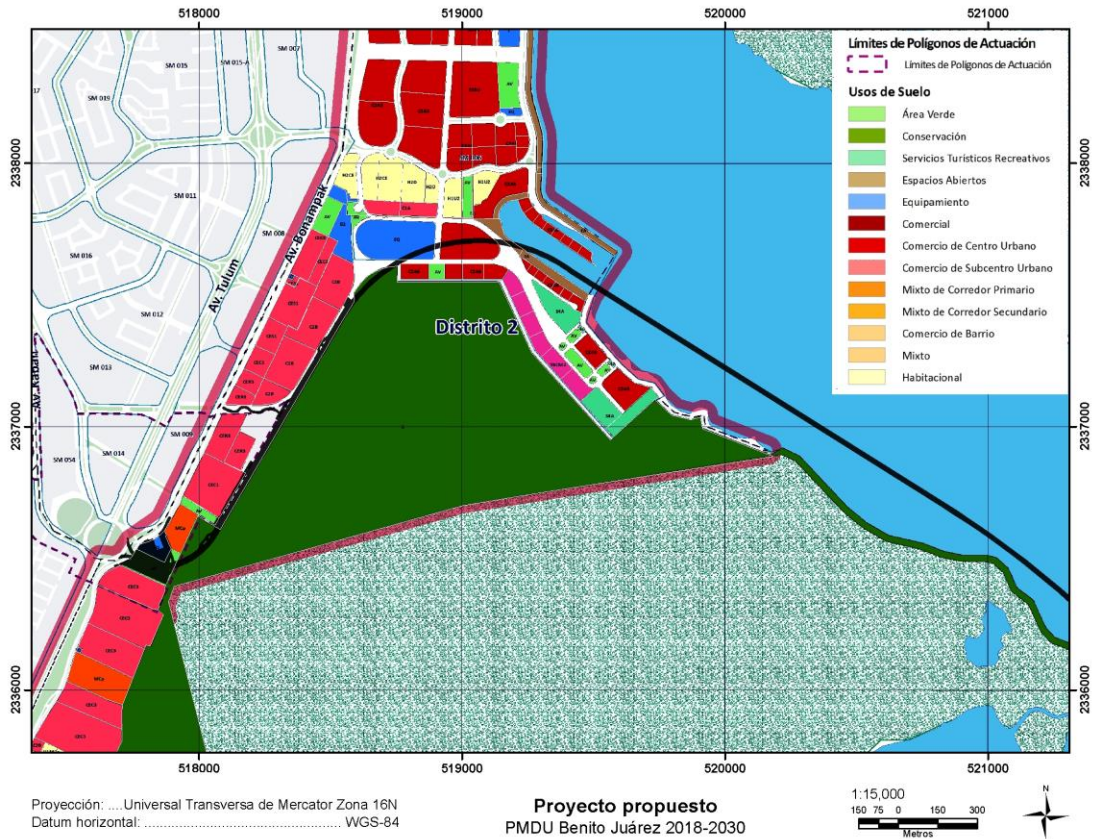
2.3.7. Uso actual del suelo en el sitio del proyecto

El uso de suelo predominante en la zona terrestre del proyecto es el urbano en los entronques y áreas de afectación temporal. En el caso de la Laguna Nichupté y algunas áreas inundables, es de uso federal. En la Figura 2.28, se presentan con detalle los usos de suelo identificados y, en el Capítulo 3, los detalles técnico legales correspondientes. En la Tabla 2. 17, se presentan los usos de suelo, de acuerdo al Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, que corresponden a las obras permanentes del proyecto.

Tabla 2. 17. Superficies de uso del suelo actual de los tramos del proyecto.

Tramo	Fase/Usos de suelo	Distrito 2				Distrito 8	Total (m ²)
		Comercio de Subcentro Urbano	Conservación	Equipamiento	Espacios Abiertos	Comercio Turístico	
T1	Área de Usos Múltiples			1260.02			1,260.02
	Terraplén	0.03		767.78			767.81
T2	Pila		48.13				48.13
T3	Pila	35.29	26.80	17.64	0.00		79.73
T4	Pila				7.06		7.06
T5	Terraplén					38.59	38.59
Total (m²)		35.32	74.93	2045.44	7.06	38.59	2,201.35

Figura 2. 37. Uso actual del suelo y agua en el sitio del proyecto y colindancias. Nota: Primer imagen: tramos 1, 2 y 3; segunda imagen, patio de maniobras (obra temporal); tercer imagen; tramo 5.



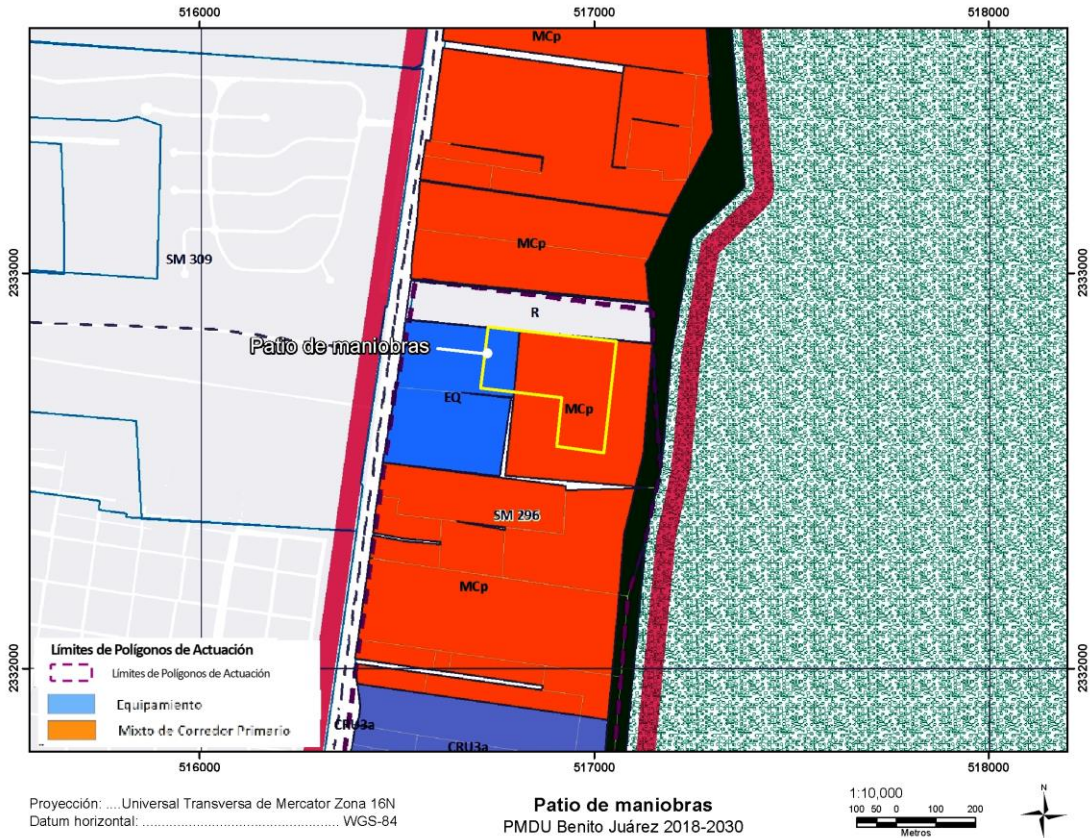
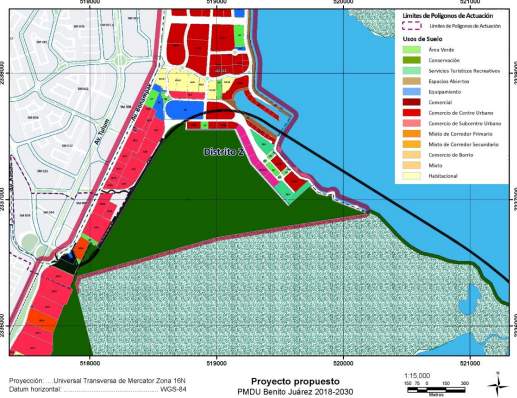
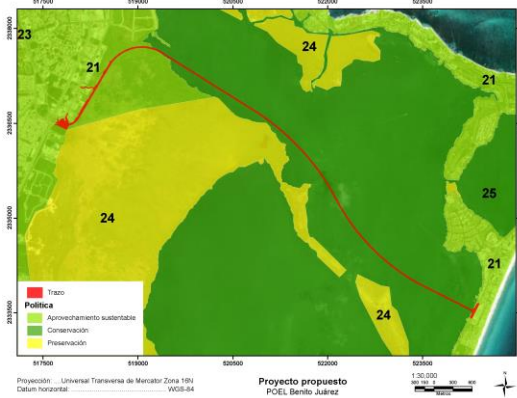


Figura 2. 38. Usos de suelo contemplados y compatibles en los Instrumentos de planeación territorial que considera el Puente Vehicular Nichupte.



Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez



Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Benito Juárez



ANP Laguna Nichupté



Subzonificación del ANP Laguna Nichupté

2.3.8. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

Los extremos del proyecto del puente, pretenden conectar al oeste con una de las principales arterias viales de la Ciudad de Cancún (Av. Bonampak) y al este con la ZH a la altura del km 13 del Boulevard Kukulcan que es una de las zonas en las que se ubican los principales centros comerciales de la zona hotelera. Los puntos de conexión del proyecto conectan con la zona urbana y la turística que cuentan con todos los servicios en términos urbanos como son los de drenaje, energía, telefonía, suministro de agua potable, iluminación, entre otros.

Los únicos servicios que serán requeridos por el proyecto en su fase de operación, son los relacionados con: a) el suministro de energía eléctrica, aunque estos serán limitados porque el proyecto considera un sistema de iluminación tipo led con fotoceldas y; b) el drenaje pluvial, para captar el agua de lluvia sobre el puente.

2.3.9. Vías de acceso a la zona de obras y actividades del proyecto

Una de las vías de acceso más importante para la zona de obra del Proyecto es el Blvd. Luis Donald Colosio y el Blvd. Kukulcán que se encuentran en el estado de Quintana Roo, en el Municipio de Benito Juárez y es el encargado de conectar a la Zona Hotelera con la Zona Urbana. Colinda por un lado con la Laguna Nichupté y por el otro con predios comerciales, residenciales y hoteleros.

Por la vía marítima se puede acceder a través del puente ubicado en la zona Norte de la Laguna Nichupté.

Por último, la vía aérea más cercana es el Aeropuerto Internacional de Cancún, el cual cuenta con vuelos diarios al Aeropuerto Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México, así como vuelos frecuentes a Guadalajara, Monterrey y otros destinos nacionales e internacionales.

2.3.10. Características particulares del proyecto

A continuación, se presentan las características particulares del Proyecto:

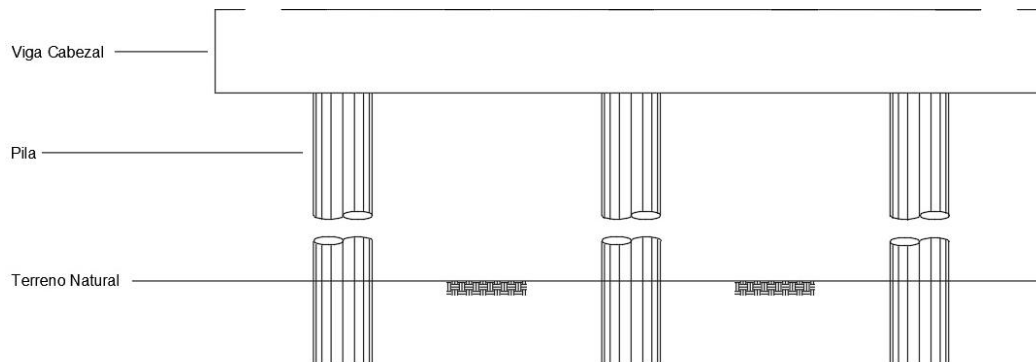
- Tipo de infraestructura:
 - Vialidad urbana elevada sobre pilas
- Longitud:
 - 8.80 km
- 1 carril por sentido de circulación, 1 carril adicional reversible y acotamientos
- Tipo de terreno
 - Selva mediana
 - Manglares
 - Humedales dulceacuícolas
 - Lagunar estuarino
- Velocidad de proyecto:
 - 80 km/h
- Vehículo de proyecto:
 - Vehículos de Transporte de Pasajeros y de Carga hasta 22.5 toneladas
 - Vehículo Convencional
 - Vehículos de Emergencia
 - Autobuses
 - Camión Ligero

- Camión Unitario
- Entronques:
 - Tipo en 5 ramas con estructuras
 - Tipo T en Zona Hotelera
- Geometría horizontal:
 - Grado Máximo de curvatura puente: 5.50
- Curvas de transición:
 - Necesarias si $R < 5000$ m
 - Geometría vertical
- Pendiente longitudinal:
 - Máxima: 4%
 - Mínima: 0.75%
 - Mínima absoluta: 0.5%
 - Gálibo vertical mínimo: 5.50 m
- Altura libre mínima bajo la superestructura del puente:
 - Zona Manglar: 10 m
 - Zona Laguna: 5 m
 - Paso de Navegación: 10 m
 - Zona de Sabana: 5 m

Cimentación: La cimentación será a base de apoyos con pilas de concreto y acero, las cuales, soportan las pilas de concreto coladas en sitio. La equidistancia entre apoyo y el número de pilas por apoyo será de 35 a 42 m a lo largo de toda la vialidad excepto en los entronques y accesos donde esta distancia puede variar.

A continuación, se presentan cortes esquemáticos de secciones tipo en la troncal con claros de 33 m y en los ramales con radios mayores y menores a 70 m.

Figura 2. 39. Corte transversal de la cimentación tipo en sección troncal con claros de 33 m.



2.4. PROGRAMA DE TRABAJO

La ejecución del proyecto contempla una duración total de 30 años que incluye unos 6 meses para trámites y permisos, 22 meses para la preparación y construcción del proyecto, y el resto para la operación y mantenimiento.

Para la construcción se realizarán actividades en 5 frentes de trabajo simultáneos:

- Patio de maniobras y prefabricado
- Troncal Zona Urbana
- Troncal Zona hotelera
- Zona Terrestre
- Zona Lagunar

El Programa de Obra para la construcción de la estructura principal del Proyecto y sus conexiones con las vialidades existentes, contempla una duración total de 22 meses de los cuales las obras en manglar se llevarán a cabo de forma diferenciada únicamente en los meses 2 a 4 o los cuatro últimos meses de obra previo a la colocación de la instalación eléctrica y señalización final. De este modo se garantiza que el tiempo de impacto por la construcción sobre vegetación de manglar se minimice al máximo.

El proceso de construcción se llevará a cabo organizando varios frentes de trabajo, en los cuales las actividades se realizarán de forma simultánea a excepción de la zona de manglar que se trabajará hasta que finalicen los otros tramos. En el programa de obra a continuación, se indican los meses que ocupará cada una de las obras y actividades enumerándolos, ya que la fecha del inicio de la obra podrá ser definida una vez que se realicen otros trámites como: la firma del Título de Concesión, la consolidación y Cierre Financiero, la autorización de Impacto Ambiental y de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, entre otros. Se contempla de forma preliminar que la puesta en marcha de la obra sea cuales quiera el mes que se determine, deberá de concluirse a los 22 meses posteriores sin importar el periodo del año en que se inicie la obra. Luego de la conclusión de las actividades de construcción será puesta en operación de acuerdo a lo planeado. La vida útil del proyecto es por un periodo de 30 años, sin embargo, su vida útil puede prolongarse en función de la aplicación de un mantenimiento adecuado.

Tabla 2. 18. Programa general de trabajo para la construcción del Proyecto.

meses		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Inversión en Obras Civiles																							
A.1	Preliminares																						
A.2	Pilotes																						
A.3	Subestructura																						
A.4	Trabes																						
A.5	Losas																						
A.6	Guarnición y Parapeto																						
A.7	Juntas de Dilatación																						
A.8	Pavimentos																						
A.9	Señalamiento																						
A.10	Alumbrado																						
A.11	Entronques																						

Se considera que posterior a la etapa de construcción, se realizará el seguimiento de diversas medidas de mitigación como la de restauración de zonas de vegetación: en el capítulo 6 se presenta el detalle de estas medidas.

Para la etapa de mantenimiento la promovente considera como actividades las siguientes:

Mantenimiento de pavimentos

- Limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos
- Sellado de grietas aisladas en carpeta asfáltica/hidráulica
- Bacheo superficial aislado
- Bacheo profundo aislado
- Sellado de grietas y juntas en losas de concreto hidráulico

Mantenimiento de estructuras

- Limpieza de calzada, juntas de dilatación, parapetos, drenes, estribos, pilas, y aleros
- Aplicación de pintura en elementos metálicos, parapetos y otros elementos
- Limpieza en zonas de circulación peatonal
- Limpieza de malla de protección
- Limpieza de parapeto metálico en la zona peatonal
- Aplicación de pintura en estructuras
- Limpieza de conos de derrame
- Aplicación de pintura en conos de derrame
- Deshierbe en conos de derrame

Mantenimiento de drenaje

- Limpieza y desazolve de elementos de drenaje (cunetas, contracunetas, canales, canalizaciones, alcantarillas, colectores, lavaderos, registros, subdrenes y obras especiales de control y protección)
- Reparaciones menores de elementos de drenaje (cunetas, contracunetas, canales, canalizaciones, alcantarillas, colectores, lavaderos, bordillos, guarniciones, registros, subdrenes y geodrenes)
- Aplicación de pintura en cunetas, lavaderos y bordillos
- Limpieza y desazolve de canales de entrada y salida

Revisión de señalamientos y dispositivos de seguridad

- Reposición de marcas en el pavimento
- Limpieza (vialetas, botones, señales verticales, defensas, barreras centrales)
- Reparaciones puntuales del cercado del Derecho de Vía

Supervisión de obras marginales

- Reparación menor de tritubos para fibra óptica
- Reparación menor de registros de tritubos para fibra óptica
- Limpieza de registros de tritubos para fibra óptica

Supervisión de iluminación en la vialidad

- Limpieza de luminarias (postes, elementos de soporte)
- Reparación de elementos de sujeción
- Aplicación de pintura en luminarias
- Reparación de instalación eléctrica
- Reposición de luminarias

En la Tabla 2. 19 se presenta el programa de trabajo para la fase de operación y mantenimiento. En el caso de los SRAAT y PRMAAM estos serán implementados parcialmente en la fase de construcción y la de operación-mantenimiento.

Tabla 2. 19. Programa general de trabajo para la fase de operación-mantenimiento del Proyecto.

Actividades de mantenimiento	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mantenimiento de pavimentos												
Mantenimiento de estructuras												
Mantenimiento de drenaje												
Revisión de señalamientos y dispositivos de seguridad												
Supervisión de obras marginales												
Supervisión de iluminaria en la vialidad												

2.5. ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO

En este apartado se presentan las actividades generales de preparación y construcción del Proyecto en cada una de las secciones del Proyecto.

Entre las actividades que se han de realizar previo al inicio de los trabajos de construcción de la obra civil se pueden mencionar:

2.5.1. Difusión, capacitación y aseguramiento

Previo a las actividades de preparación, la promovente tiene considerado la elaboración de un Reglamento Ambiental y de Seguridad para la Preparación y Contrucción (RASPC) del proyecto.

Este reglamento formará parte de los contratos que la promovente firmará con los contratistas encargados de la realización de los trabajos. El reglamento contendrá todos los instrumentos legales que el contratista tendrá que cumplir en materia ambiental y de seguridad, así como las medidas de mitigación y compensación comprometidas en la presente MIA. De igual forma el contrato de prestación de servicios de los contratistas, deberá contar con los soportes de las pólizas de seguros que resuelvan cualquier contingencia o daño ambiental que estos puedan provocar, a fin de implementar las medidas de mitigación o compensación a que halla lugar. En el Capítulo 6 se presenta el Programa de Gestión Social (PGS), a través del cual la promovente, entre otras medidas, comprometerá las acciones y acuerdos que tomará con los Grupos de Valor con quién tendrá interacción el proyecto en sus diferentes fases de implementación para orientar su sostenibilidad.

Previo a los trabajos, como parte de este PGS, se contará con un Subprograma de Información y Capacitación Ambiental (SICA) para los contratistas a fin de que conozcan: a) las medidas y protocolos de mitigación de impactos y atención a contingencias ambientales que serán implementadas, b) la normatividad aplicable en materia ambiental al proyecto, c) la aplicación de buenas prácticas y d) el valor ecológico y socioeconómicos de los bienes y servicios ambientales que proveen para la región los ecosistemas involucrados en el SAR. Dicho subprograma consistirá de cursos de capacitación, inducción y la difusión a través de medios digitales e impresos. Su descripción se presenta en el Capítulo 6.

2.5.2. Desmote y despalme del camino de obra y las plataformas de trabajo y habilitado de terracerías.

Las actividades de preparación del terreno contempladas para las áreas de aprovechamiento temporal y permanentes de los tramos 1, 2 y 5 (Figura 2. 32; Plano 2.2-2.4; Tabla 2. 15), son:

- El **levantamiento topográfico** para la delimitación topográfica y colocación de estacas, para definir en campo las áreas de aprovechamiento.
- **Delimitación de las áreas de aprovechamiento** mediante la colocación de cintas o mallas que permitan delimitar visual y físicamente estas áreas. A efecto de que sirvan como barreras para el resguardo de las áreas de conservación.
- La implementación de un **Sistema de Señalización Ambiental (SSA)**. Este consistirá en la colocación estratégica en todos los frentes de trabajo, carteles y posters de señalización, así como de folletos sobre buenas prácticas en materia ambiental, de normatividad y de seguridad para los trabajadores y habitantes que resulten aplicables.
- Previo al despalme de las áreas de aprovechamiento permanentes y temporal, se realizará una campaña para la **ejecución del Programa de Rescate de Flora y Fauna**. Los detalles se describen en el Capítulo 6 y los anexos técnicos correspondientes.
- Una vez rescatadas las especies de flora y fauna, se procederá al **despalme de las áreas de aprovechamiento temporal y permanente**, consistentes en la remoción de la vegetación y de la capa vegetal por medios mecánicos. El material resultante será confinado temporalmente para ser triturado, mezclado con la capa vegetal y trasladado a las áreas que serán ajardinadas del proyecto. Los remanentes podrán ponerse a la disposición del FONATUR o del Municipio para su uso en las áreas verdes del destino.
- **Conformación de las plataformas de trabajo y terracerías a nivel natural de terreno** con materiales de relleno disponibles de bancos de materiales autorizados por la autoridad correspondiente.
- La realización de **estudios geotécnicos y geofísicos** para determinar con precisión, la profundidad adecuada a la que deberán quedar hincadas las pilas, conforme a las mejores prácticas del sector y normatividad aplicable. Los estudios,

permitirán también tener precisiones sobre la ubicación de cavernas, fracturas y otras formaciones subterráneas si es que existen y que no deben ser afectadas por su valor hidrogeológico, ambiental y de riesgos ambientales y estructurales.

- **Marcaje de los puntos de apoyo en donde serán hincadas las pilas.** Este proceso se realizará con estacas en tierra y boyas en la zona de laguna, los puntos deberán estar debidamente georreferenciados para su correcta ubicación.
- En caso de actividades que requieran el **cierre total de algunas vialidades** se harán en jornadas nocturnas para evitar interferencias con el tránsito vehicular sobre todo en las horas de mayor demanda. Se procurarán los cierres de circulación de las diez de la noche a las cinco de la mañana del día siguiente. Los días de cierre se acordarán y coordinará con la Dirección de Tránsito Municipal. Todas estas actividades serán apoyadas con señalamientos informativos, preventivos y restrictivos, se contará con la iluminación adecuada y el apoyo de brigadas de auxiliares viales equipadas con chalecos reflejantes, silbatos, banderas y casco.

2.5.3. Actividades de preparación tramo 4

- Para el Tramo 4 (sección SLN), se considera la **delimitación de las áreas de trabajo** de las embarcaciones y equipos que realizarán el hincado de las pilas e instalación de la superficie de rodamiento del puente, a través de un **Sistema de Señalización con Boyas (SSB)**. Las cuales deberán estar debidamente georreferenciadas y ancladas a fondos preferentemente arenosos para no afectar pastos marinos. Este sistema se ira trasladando progresivamente en forma previa, conforme se vayan liberando los frentes de trabajo.
- Previo a la fase de hincado de las pilas y construcción del puente, se realizará una campaña para la ejecución de los Suprorgamas de Manejo y Rescate de Vegetación y Fauna (SRMV y SMRF respectivamente) Los detalles se describen en el Capítulo 6 y los anexos técnicos correspondientes.

2.5.4. Rehabilitación de ambientes

- Durante los trabajos de preparación, también se tiene previsto el inicio de la implementación del “**Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal**” (SRAAT) y del “**Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar**” (PRMAAM). La descripción de ambos programas se presenta en el Capítulo 6.

2.5.5. Patio de maniobras

Se plantea la adecuación de un patio de maniobras para la fabricación de los diferentes elementos que serán requeridos por el Proyecto. Las actividades que serán realizadas, estarán supervisadas por personal capacitado desde el punto de vista de calidad, seguridad industrial y protección ambiental.

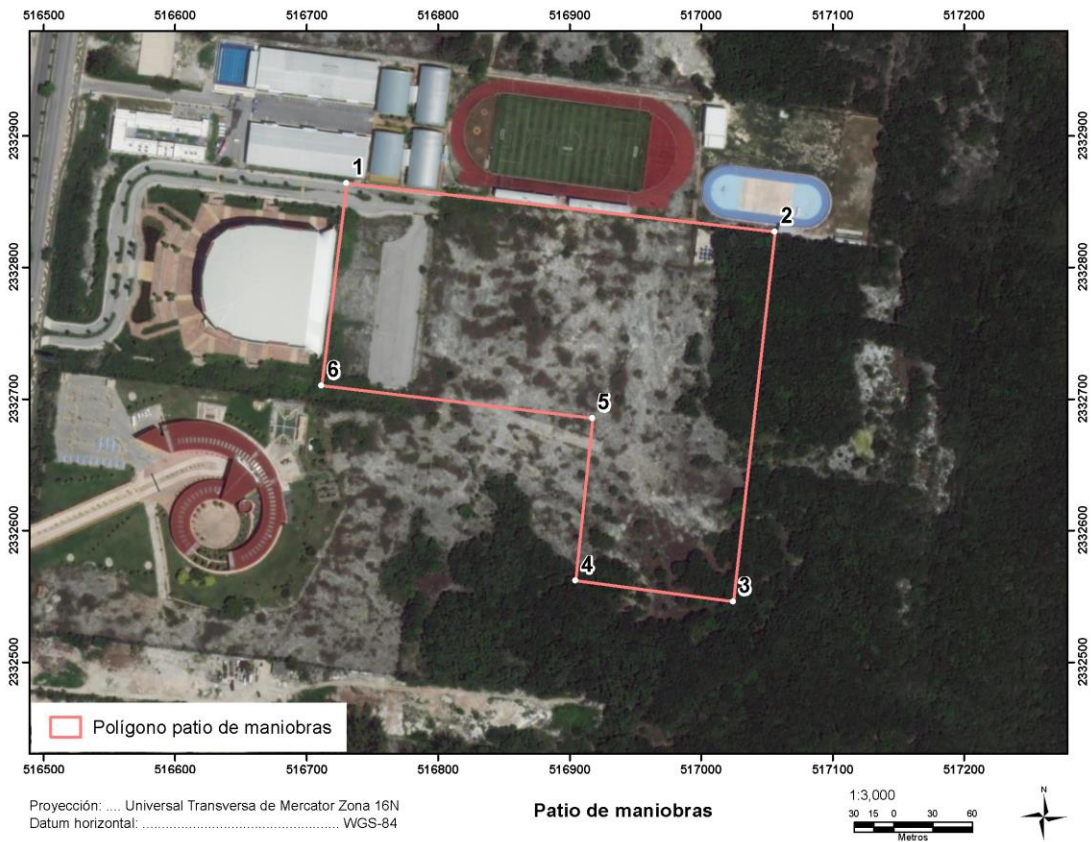
Por la magnitud del proyecto, serán requeridas cantidades importantes de acero y sitios para su almacenamiento temporal, así como equipos especializados (mecánico – robotizado) para el corte, doblaje y/o roscado.

El Patio de Maniobras propuesto, se ubica en la zona urbana en un predio impactado propiedad del Gobierno del Estado. El predio se localiza sobre el Blvd. Luis Donaldo Colosio, a la altura del ejido Alfredo V. Bonfil, Quintana Roo (Figura 2. 40 y Plano 2.6), a una distancia de 4 km del punto de conexión del entronque del proyecto con la zona urbana. El predio cuenta con una superficie de 6.65 Ha (Tabla 2. 20).

Tabla 2. 20. Tabla de coordenadas del predio donde se ubicará el patio de maniobras.

Punto	Zona 16 Q	
	Coordenada Este	Coordenada Norte
1	516730.54	2332864.30
2	517056.30	2332827.10
3	517024.54	2332545.80
4	516904.76	2332562.13
5	516917.47	2332685.54
6	516711.48	2332710.04

Figura 2. 40. Ubicación del patio de maniobras.



Las actividades que se desarrollarán en esta propiedad son: a) la preparación de mesas y moldes, b) habilitación y armado de acero, c) fabricación de accesorios, d) colocación del armado, enhebrado y tensado de torón, e) colado, curado, desmolde y traslado de las piezas al sitio de montaje y f) producción de concreto premezclado con una planta dosificadora.

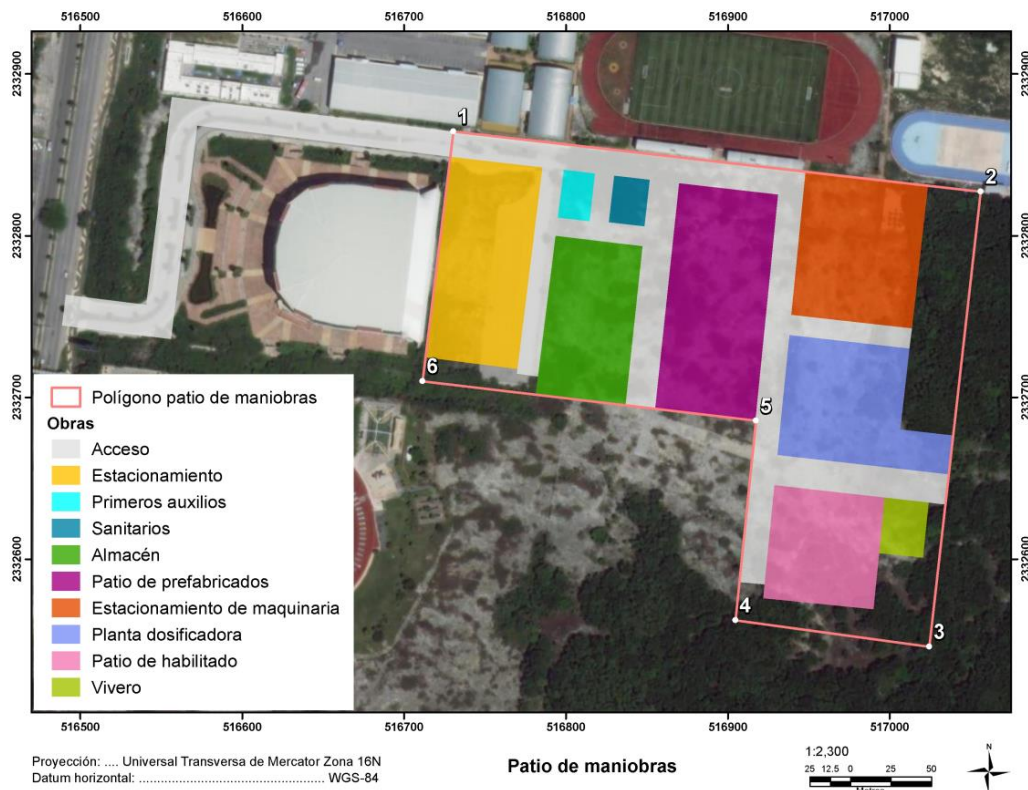
El concreto que será producido será hidráulico (cemento CPC-R/S) variando de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ a $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$. Cumpliendo el concreto con cada uno de los parámetros requeridos en el proyecto en cuestión de agregados (grava y arena) estudio del cemento, aditivos y la calidad del agua, obteniendo resultados de resistencia de acuerdo con lo suministrado.

Para el habilitado y armado del acero estructural se instalará una nave proyectada para desarrollar el proceso bajo condiciones controladas de almacenamiento corte, alineación y habilitado del acero de refuerzo para cada uno de los elementos a construir.

El patio de maniobras contendrá los siguientes elementos (Figura 2. 41):

- Oficinas: Las cuales servirán para el personal de supervisión de ingeniería, seguridad industrial, protección ambiental, entre otros.
- Primeros Auxilios: Tendrá un área destinada para brindar primeros auxilios, en riesgos que están presentes como caídas, golpes, incendios o cualquier otro riesgo de daño a la salud.
- Estacionamiento: Espacio destinado para estacionamiento del personal que labora en la planta.
- Sanitarios: Para el personal que labora en los patios.
- Patio de Prefabricados: Ubicación para el almacenamiento de elementos prefabricados.
- Almacén: Sitio en el cual se almacenarán toda la materia prima para la elaboración de los prefabricados, habilitado del acero, entro otros
- Patio de Habilitado: Espacio para el armado del acero, fabricación de accesorios, tensado de torones, así como el colado de los elementos prefabricados.
- Estacionamiento Maquinaria: ubicación para el almacenaje de maquinaria destinada a la ejecución del puente.
- Planta Dosificadora: Dispositivo combinado para la producción concentrada de concreto, también conocido como planta de concreto premezclado.
- Otros: Espacio destinado a diversas funciones.

Figura 2. 41. Ubicación de los elementos que componen el patio de maniobras.



El terreno que será utilizado como patio de prefabricados se localiza en una franja conocida como “zona de sascaberas”, en la colindancia este del Boulevard Colosio, una de las 2 principales vías de acceso a la ciudad de Cancún. Esta franja, con 10 km de longitud y un promedio de 350 m de ancho, fue utilizada para la extracción de material pétreo durante los inicios de la construcción de la ciudad y de la ampliación de la barra arenosa (Isla de Cancún), para la adecuación de la zona hotelera. Como consecuencia de esta explotación, el nivel del terreno se redujo en aproximadamente 6 m y quedó expuesto el sustrato en forma de una plataforma rocosa con agrietamientos propios de procesos kársticos.

Desde el punto de vista de la tenencia de la tierra, en marzo de 1975 fue creado el Nuevo Centro de Población Ejidal Alfredo V. Bonfil, del cual la franja referida formaba parte; posteriormente, en julio de 1994, se expropiaron a favor del Gobierno del Estado de Quintana Roo las 783 ha de la zona de sascaberas con el propósito de “destinarlas a la regeneración de áreas degradadas por explotación de materiales pétreos” (DOF, 4 de julio de 1994).

Como consecuencia de la degradación provocada por la actividad extractiva en la mayor parte del predio, la regeneración natural de la vegetación es prácticamente imposible y la existencia de flora se limita a las oquedades existentes entre la superficie rocosa, es por ello que la mayor parte de la extensión se encuentra ocupada por especies herbáceas, arbustivas y suelo desnudo; siendo la mayoría de la flora que se ha establecido, especies colonizadoras que se adaptan al tipo de suelo presente. Solamente en el extremo este y sureste se mantuvo el suelo natural con cobertura de especies arbóreas, sin embargo, estas áreas no serán aprovechadas por el Proyecto.

Adicionalmente, parte de la superficie se encuentra ocupada por las instalaciones de un auditorio que da hacia el frente de la avenida Colosio, particularmente, un estacionamiento y parte de la vía de acceso, ambos elementos pavimentados.

Las especies arbóreas predominantes son el guaje (*Leucaena leucocephala*), el chechen (*Metopium brownei*) y el jabín (*Piscidia piscipula*), las cuales se presentan en pequeños conjuntos. En menor medida se identificaron las especies Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), saspá (*Byrsinoma bucidifolia*) y Capulín (*Muntingia calabura*) las cuales se dispersan en su mayoría en los bordes del predio. En aún menor medida se observaron especímenes de Cornezuelo (*Acacia cornigera*) y Akits (*Cascabela gaumeri*).

En el estrato arbustivo se observaron estas mismas especies, con la añadidura de orégano de monte (*Lantana camara*) y palma mexicana (*Washingtonia mexicana*), esta última se ha dispersado por el predio en la zona cercana al ya abandonado “Auditorio del Bienestar” pues fue utilizado en este espacio como especie ornamental.

En el estrato herbáceo se pudieron observar especies como *Passiflora foetida*, *Cakile lanceolata*, *Cuscuta tinctoria*, *Asclepia curassavica*, y algunos especímenes dispersos de *Ficus cotinifolia*.

Figura 2. 42 En las imágenes se representan algunas especies que fueron identificadas en el predio: a) chechen (*Metopium brownei*), b) Palmera mexicana (*Washingtonia mexicana*), c) Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*); d) Jabín (*Piscidia piscipula*); e) Akits (*Cascabela gaumeri*); f) Saspá (*Byrsonima bucidifolia*); g) Cornezuelo (*Acacia cornigera*) y h) Cabello de ángel (*Cuscuta tinctoria*).





Cabe mencionar que estas especies no cuentan con categoría alguna de protección y la cobertura que ocupan, aún en conjunto no se considera de importancia en perspectiva con la superficie total, debido principalmente a que, como ya se mencionó, la calidad de los suelos en el predio es baja debido a los usos que se le dieron anteriormente, no permitiendo la regeneración natural la vegetación; aunado a lo ya mencionado, es importante mencionar que en el sitio no se observó la presencia de fauna, más que algunas aves que pasaban sobrevolando el predio pero sin hacer uso aparente del escaso arbolado para posarse.

Figura 2. 43 En las imágenes se aprecian las condiciones del predio, donde predominan especies herbáceas y suelo desnudo.

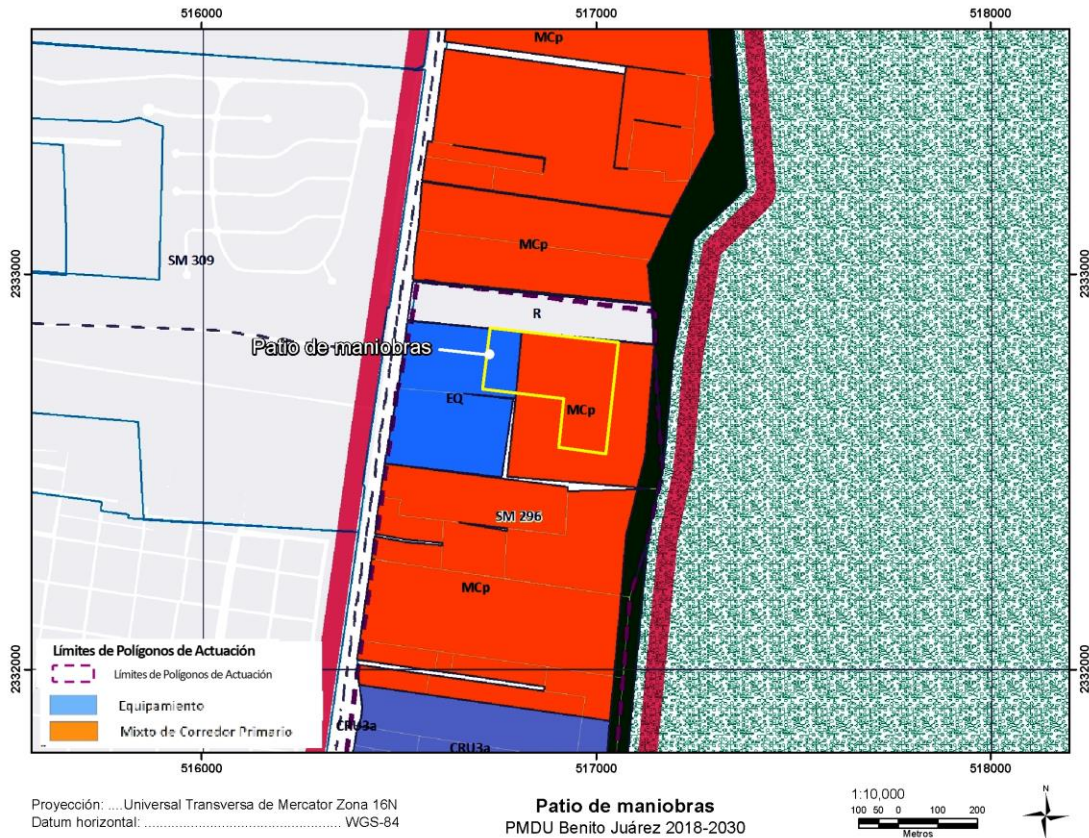


En la Tabla 2. 21, Figura 2. 44, se muestran los tipos de usos de suelo y vegetación del terreno, así como las superficies de aprovechamiento proyectadas. Como se refiere en el Capítulo 3, el aprovechamiento planteado, es conforme a los instrumentos de planificación y legales aplicables.

Tabla 2. 21. Usos del suelo y tipos de vegetación sobre los que se desplantará el patio de maniobras.

Usos de suelo y vegetación	Superficie (ha)
Modelado antrópico	5.84
Selva mediana con vegetación secundaria	0.82

Figura 2. 44. Usos del suelo y vegetación por componentes del patio de maniobras.



2.5.6. Acarreo de Materiales.

Los materiales serán trasladados a los sitios de su aplicación por medio de transporte especializado, según características y volumen de los mismos, las piezas prefabricadas serán de dimensiones comerciales.

La mayor parte de los insumos, materiales y prefabricados deberán ser transportados hacia sus sitios de aplicación en horario nocturno, con la finalidad de no entorpecer el tránsito habitual en las zonas del proyecto y sus alrededores.

También se consideran acarreos de material de los bancos de préstamo hacia las plantas de fabricación de concreto, principalmente en virtud de los volúmenes de agregados requeridos para la fabricación de los prefabricados de concreto y del concreto fresco.

2.5.7. Obras y servicios de apoyo

Para la construcción del puente se requerirán algunas instalaciones de apoyo principalmente para vigilancia y resguardo de materiales, maquinaria y equipos de la obra, así como para seguridad del personal de construcción y de la población que circule cerca de la obra.

Las instalaciones que aquí se mencionan, se ubicarán preferentemente en las áreas de aprovechamiento temporal y permanente de la zona denominada como “*Entronque oeste. - Zona urbana de Cancún*” que corresponde a la zona de inicio del Tramo 1 y que conecta con la Av. Bonampak y consistirán en:

- Señalamiento informativo, preventivo y restrictivo, así como sistemas de iluminación nocturna.
- 20 casetas desmontables tipo Pintro para vigilancia y restricción de accesos y oficinas provisionales.
- Casetas móviles para el personal de coordinación de temas técnicos y administrativos.
- En los sitios y frentes de trabajo, se instalarán sanitarios portátiles o semi-portátiles a razón de uno por cada 15 trabajadores, así como contenedores de basura en las zonas de obra.
- Consultorio médico. Dada la actual contingencia sanitaria por SARS-CoV-2, durante los trabajos de preparación y construcción se tiene prevista la implementación del **Subprograma de Salud y Seguridad (SSS)** que incluye un **Protocolo de Actuación ante COVID**. En el Capítulo 6 se describe el programa y protocolo en cuestión.
- Para atender el tema de la alimentación de los trabajadores durante la fase de preparación y construcción, el contratista instalará comedores temporales, con los servicios que garanticen una higiene adecuada, así como el manejo y disposición final adecuada de los residuos generados, conforme al **Programa de Manejo Integral de Residuos (PMIR)** que se presenta en el Capítulo 6.
- Servicio de vigilancia y apoyo vial coordinado con la autoridad local competente.

- Para las obras y actividades que sea necesario realizar por la noche a efecto de no afectar el tránsito en la zona terrestre y acuática, se requerirá el suministro de energía eléctrica, mediante una planta generadora de energía.
- Para el caso de las chalanas y equipos piloteadores, la promovente considera que de llegar a ser requerido algún tipo de mantenimiento, este deberá realizarse en muelles cercanos y con todos los servicios que acrediten las labores de reparación y mantenimiento que correspondan.
- Para prevenir y atender problemas de contaminación al agua, suelo y recursos naturales, derivados de derrames accidentales de combustibles o aceites por fallas mecánicas de los equipos en tierra o en el SLN, la promovente tiene considerado el **Programa de Prevención y Atención a Contingencias Ambientales (PSACA)**.
- Con relación a los diferentes tipos de residuos que serán generados durante la fase de preparación y construcción, la Promovente tiene considerada la implementación del **Programa de Manejo Integral de Residuos (PMIR)** y como parte de este, la empresa constructora se encargará de ubicar estratégicamente un sistema de contenedores por tipos de residuos, para que estos sean manejados y trasladados por empresas acreditadas hasta los sitios de disposición final.

Las obras y servicios de apoyo que serán requeridos para el proyecto y que dependerán de proveedores e instalaciones que se ubiquen fuera de su zona de influencia y por tanto del alcance de la presente MIA son las siguientes:

- El proyecto considera la contratación de mano de obra local para la fase de preparación y construcción, a efecto de no requerir campamentos de obra y los servicios asociados. En caso de llegar a ser requeridos, la empresa contratista seleccionará algún predio libre de vegetación y con todos los servicios requeridos por los trabajadores. En forma previa el contratista hará las gestiones para la obtención de permisos a que haya lugar en el ámbito estatal y municipal. Una vez obtenidos, se informará a la SEMARNAT.
- Debido a que la obra se realizará de forma contigua al área urbana de Cancún, se instalará un campamento de obra en algún terreno de la zona urbana que cuente con todos los servicios requerido dentro de la localidad, por lo que no se requiere de instalaciones nuevas o especiales. No obstante, se instalarán sanitarios portátiles o semi-portátiles a razón de uno por cada 15 trabajadores, así como contenedores

de basura en las zonas de obra. La limpieza y mantenimiento de los sanitarios se deberá realizar por la empresa contratada para tal fin, asegurando el correcto manejo de los residuos.

- Otras obras y servicios que serán requeridos para resolver el proyecto, serán la explotación de bancos de materiales y/o préstamo, así como bancos de tiro/desperdicio. Al respecto, la promotora compromete, que dichos bancos cuenten con todas las acreditaciones a que haya lugar o que sean designados por la autoridad correspondiente. Esto para evitar el incremento de impactos a la vegetación, geoformas y recursos naturales.
- Con la finalidad de no impactar áreas adicionales para la fase de preparación y construcción, la promotora tiene prevista la renta y ocupación de oficinas administrativas, almacenes y bodegas o en su caso la renta de terrenos desmontados para colocarlas bajo el sistema de casetas móviles

Las obras provisionales que serán ubicadas en las áreas de aprovechamiento permanente y temporal, serán desinstaladas en cuanto la obra concluya. En el caso del Patio de Maniobra.

2.6. PROCESO CONSTRUCTIVO

Como se establece en el programa de trabajo, se tiene programado un periodo de 22 meses para la fase de construcción (Tabla 2.10). A continuación se describen en detalle las actividades y obras consideradas para esta fase de trabajo.

2.6.1. Marco de referencia

En atención a los criterios de planeación (Tabla 2. 3) y ejes rectores (Tabla 2. 4) considerados para el diseño e implementación del proyecto, así como a los estudios de viabilidad ambiental y legal y los estudios de LBA realizados para la realización del proyecto, se concluyó que éste tiene que ser totalmente piloteado para los Tramos 2, 3 y 4, y el proceso constructivo a implementar debe cumplir con las siguientes premisas principales:

- El proyecto debe limitar todo tipo de contaminación durante su proceso de construcción, operación y mantenimiento.
- Aplicar tecnologías que garanticen la menor huella ecológica (áreas de aprovechamiento) y fragmentación de los ecosistemas.

- Que el proceso constructivo sea poco invasivo.
- Que el proceso no genere afectaciones que comprometan la hidrología superficial y subsuperficial de la zona de humedales, así como del patrón de circulación en el SLN.
- Que el proceso no afecte los procesos naturales que determinan la existencia y funcionamiento de los ecosistemas involucrados en la ZIA y el SAR.

Los criterios (Tabla 2. 3), ejes rectores (Tabla 2. 4), premisas y estudios antes referidos, permitieron concluir también que el sistema constructivo más apropiado es el de “Top Down” en la zona terrestre (Tramo 3) y “Semi Top Down” en la zona lagunar (Tramo 4). Por medio de este método constructivo, se utilizan vigas lanzadoras o estructuras de lanzamiento especialmente diseñadas para el hincado de pilas prefabricadas. De esta forma el impacto a la superficie del terreno es puntual y equivalente al diámetro de las pilas, evitándose así la necesidad de hacer dragados y la construcción de terraplenes para el hincado de las pilas y con ello evitando los impactos ambientales derivados de mayores superficies de afectación y fragmentación de ecosistemas, así como de alteraciones en la hidrología de estos.

- A reserva de que el proceso y sistemas constructivos se detallan a continuación, es importante destacar que estos sistemas ya han sido utilizados para áreas costeras ambientalmente sensibles y de gran valor ecológico y socio-ambiental. A continuación se citan dos ejemplos como referencia y en la Figura 2. 45 se muestran algunas imágenes:

Viaducto de la Paz (El Manglar). Una megaestructura de 5.4 km que fue construida por el sistema “Top Down” en la zona de la Ciénega de la Virgen (Colombia), que es una importante laguna costera con humedales de manglar (ANI, 2018; Berminghammer, 2017; DEALMAG, 2017; DEAL-MAG, 2017; Claros, 2018). Este proyecto obtuvo el Premio Nacional de Ingeniería y el Premio Nacional Ambiental Germán Gómez Pinilla, versión 2019, gracias al impacto en el desarrollo vial de la región Cartagena-Barranquilla y a la preservación del ecosistema de manglares en la ciénega de la Virgen (El Espectador, 2019; Portafolio, 2019).

- Proyecto de ampliación del Puente del Río Caloosahatchee I-75, en el Condado de Collier (Florida) con una longitud de 1.4 km que cruza dicho río y los humedales




asociados, que son ecosistemas de alto valor ambiental para diversas especies, en particular relacionados con poblaciones de manatí (FDOT, 2015). El proyecto, fue premiado por la revista Roads & Bridges como uno de los mejores proyectos de puentes de 2015. El Departamento de Transporte de Florida lo galardonó también como uno de los mejores proyectos de 2016. Este mismo año, el Florida Institute of Consulting Engineers, también lo reconoció como una obra relevante.

Figura 2. 45. Ejemplos de proyectos de puentes construidos por el sistema “Top Down”. Caso Proyecto Whashington Bypass, USA.



Con base en las características de sensibilidad ambiental y el marco de referencia antes expuesto, la promotora decidió seccionar el proyecto como ya se ha comentado, en 5 tramos diferenciados por proceso constructivo. En los siguientes apartados se presentan las características de los sistemas constructivos a implementar, y de manera resumida se presentan en la Tabla 2. 22. A continuación se describen los procesos constructivos.

Tabla 2. 22. Procedimientos constructivos por tramo.

Tramo	Longitud (Km)	Procedimiento constructivo	Imagen de referencia
1	0.17	Terraplenes	
2	1.21	Sistema terrestre / semi Top Down	 <p>PROCESO CONSTRUCTIVO TERRESTRE</p>
3	0.68	Top Down	 <p>SISTEMA TOP DOWN</p>
4	6.72	Semi Top Down con Jack Ups	 <p>SISTEMA TOP DOWN</p>
5	0.02	Terraplenes	

2.6.2. Procedimiento constructivo en el tramo 1 y tramo 5 (entronques)

El Tramo 1 se ubica en el “*Entronque oeste. - Zona urbana de Cancún*”. Localizado en la glorieta Monumento Antigua Torre de Control, denominado distribuidor vial Kabah donde convergen las Avenidas Bonampak, Kabah y Tulum la cual, continuando su recorrido al sur toma el nombre de Av. Luis Donald Colosio. Teniendo una longitud de 0.17 Km.

El Tramo 5 corresponde al “*Entronque este. - Zona Hotelera*”. Ubicado en el Km 13.0 del Blvd. Kukulcán en la Zona Hotelera de Cancún y a la altura de plaza Kukulcán. Teniendo una superficie de 0.7678 ha (7,677.66m²).

Debido a la diversidad de los tipos de suelo en los Tramos 1 y 5, el diseño de referencia se compone por 4 sistemas constructivos distintos, propuestos para soportar las solicitaciones y casos de carga a los que estarán sometidos para un periodo de vida útil de 100 años.

2.6.2.1. Trabajos preliminares

El concepto de preliminares se refiere a todos los trabajos previos a ejecutar antes de iniciar la construcción del puente, como son:

2.6.2.1.1. Confinamiento

La zona de trabajo se debe delimitar para poder llevar a cabo los trabajos, además de garantizar la seguridad de los peatones, trabajadores y de los vehículos. Este procedimiento debe basarse en las normas oficiales mexicanas, respetando las medidas de seguridad establecidas por las dependencias y cliente. El confinamiento provisional del área de trabajo se hará a base de tapias de madera en el perímetro del proyecto. Los tapias instalados deben estar perfectamente anclados en el piso y traslapados entre sí, ofreciendo estabilidad y todas las garantías de seguridad necesarias. La altura mínima de cada módulo será de 2.44 m y deberán de contar con indicaciones de seguridad ya sean pintados o con letreros de precaución. Esto permitirá además tener un control de acceso del personal, equipo y maquinaria que será utilizado para los trabajos. Dada la naturaleza de las actividades que se desarrollarán en la zona, será necesario darle continuidad en la medida de lo posible a las labores cotidianas de las personas.

2.6.2.1.2. Control Vial

Es indispensable que para la realización de estas actividades se haya notificado y aprobado por parte de las dependencias que pudieran estar involucradas con los trabajos. Las actividades inician cuando previo al cierre de la vialidad, el jefe de obra se comunica con el Jefe de Seguridad para indicarle los trabajos a realizar, solicitando su apoyo para el cierre, bandeo o desvío de la vialidad. Enseguida y con la ayuda de una camioneta con luz o letrero luminoso en la parte trasera, se posiciona en la (s) zonas (s) en la que harán el corte de circulación. Esta actividad puede ser apoyada también por las autoridades locales, a través de patrullas. Los bandereros, van colocando los señalamientos necesarios en los accesos para su cierre. Una vez concluidos los trabajos durante la jornada, se procede a retirar el señalamiento colocado en los accesos para que se restablezca la circulación por esa vía.

2.6.2.1.3. Topografía (Trazo y nivelación)

Para la realización de las actividades de trazo y nivelación por el método tradicional, se emplean convencionalmente equipos como: teodolito electrónico, nivel, cinta, plomadas, etc. En este caso, se utilizarán equipos topográficos electrónicos como la estación total la cual permite que estas tareas sean resueltas de manera más precisa. Se llevará a cabo la entrega recepción de la información topográfica, para revisar datos de poligonales de apoyo, poligonales auxiliares, bancos de nivel y colocar referenciados para recuperación de trazo y niveles, para realizar el replanteo del proyecto. Para iniciar con el trazo, si no se conocen las coordenadas, se darán de manera arbitraria, previa conciliación con la supervisión, tomando un punto de inicio y orientando una línea establecida. Los bancos de nivel se ubicarán fuera de la influencia de movimientos provocados por la obra y se realizarán nivelaciones periódicas para conocer su comportamiento vertical y verificar que tengan su cota correcta. Se colocan los puntos de control fuera de la obra para que en caso de que los puntos de los ejes que están dentro de la obra se pierdan, estos nos sirvan para replantear el trazo. Se ubican los puntos de referencia indicados en el proyecto.

2.6.2.1.4. Ubicación de obra inducida

Se deberá de realizar un levantamiento planimétrico donde incluya la identificación de obra inducida, tal es el caso de instalaciones de agua potable, drenaje, instalaciones eléctricas, instalaciones de telecomunicaciones, instalaciones de PEMEX, puentes peatonales, paramentos, guarniciones e instalaciones de gas. Se notificará para que se realice las

gestiones pertinentes con las diferentes áreas y empresas u organismos públicos, y realizar los ajustes pertinentes o desvíos antes del inicio de la obra. Para el caso de las obras exteriores a desarrollarse en la periferia de la estación, los planos planimétricos serán de gran ayuda para establecer aquellos elementos que pudieran interferir con el desarrollo de la obra como: mobiliario urbano, puentes peatonales, etc.

2.6.2.1.5. Liberación de interferencias

Se verifica que no existan inconvenientes en bancos de tiro, sitios de disposición y caminos de acceso antes de iniciar actividades, así como residuos de vegetación en la zona del corte o de excavación. Si es el caso, se informa a las áreas involucradas para tener completamente liberadas las áreas a utilizar.

2.6.2.1.6. Retiro de postes

Se realizará el desmantelamiento de estructuras metálicas o precoladas y se depositaran donde se acuerden con los entes responsables, estas piezas se cuidarán y manejaran sin dañarse porque tendrán un uso posterior, por lo tanto, se marcarán las piezas con pintura de esmalte de manera que puedan ser identificadas fácilmente para reconstruir y ser utilizadas en otra obra.

2.6.2.1.7. Muelles provisionales

Este punto se refiere a la instalación de infraestructura provisional necesaria en los accesos/entronques, tanto de la zona Hotelera como de la avenida Bonampak a la laguna para el embarque de los equipos que ejecutaran la obra en el tramo de la laguna de Nichupté, como son: equipo de perforación y grúas, así como el suministro de los materiales para la construcción del puente. Por la longitud del puente es necesario ubicarlos en ambos extremos, es decir, del lado de la zona hotelera y de la avenida Bonampak.

2.6.2.1.8. Excavación con equipo

A continuación, se enlistan los puntos a considerar durante los trabajos de excavación: De acuerdo con el tipo de material a excavar, se realiza la solicitud y recepción del equipo y maquinaria con base en el programa de utilización. Se realiza la solicitud de los camiones requeridos para la jornada con base en el contrato con sindicatos y programación semanal en su caso. Se procede a iniciar la excavación previamente identificada en gabinete, solicitando los insumos y equipos adecuados, considerando características como

excavación y carga. Se controlará que los caminos de acceso se mantengan en condiciones óptimas de tránsito. Debe llevarse un control de las actividades que se realizan para facilitar el reporte de avance, rendimientos, rendimientos del equipo, estadísticas, etc. Una vez entregado el trazo por Topografía y recibido por construcción, se inicia la excavación con medios mecánicos en materiales tipo A y B, empleando equipo que facilite la excavación y carga como cargadores de orugas, cargadores sobre neumáticos y/o retroexcavadoras. Dependiendo de las características del frente, puede ser necesario el uso de tractor para realizar la excavación y en combinación con cargadores o retroexcavadoras, hacer el retiro del material excavado. Con un tractor o una excavadora inicia la excavación en corte, asegurando no exceder los límites del talud de proyecto, bajando el corte de acuerdo con lo que especifique el mismo, dejando un excedente de material que se retira cuando el talud se afine. La excavación se efectuará de acuerdo con las dimensiones y niveles establecidos en el proyecto y definidos previamente por topografía.

Es muy importante tener cuidado con la excavación en los taludes del corte, ya que pueden generar sobre excavación, por lo que debe solicitarse al área de topografía la revisión de dichos taludes de manera continua. Así mismo se define la altura del corte en función del equipo a utilizar y el tipo de suelo a excavar. Retirado el material abundado producto del corte, mediante camiones fleteros o equipo propio fuera de carretera, se procede a afinar el talud de este, utilizando la excavadora con el propósito de dejar terminado el talud que marca el proyecto.

Se solicitará la participación del laboratorio de control de calidad para revisar cualquier cambio en las características del material excavado y definir su uso. De encontrarse interferencias, deben respetarse las libranzas para sus desvíos y las protecciones indicadas por la dependencia correspondiente. Se inicia la carga y el acarreo del material excavado, utilizando el equipo previsto como tractor, cargador frontal, excavadora y camiones de volteo o camiones fuera de carreta o articulados. Con el fin de proteger la excavación, si los elementos a construir y para la cual se realizó la excavación, no inician los trabajos de manera inmediata y el fondo de dicha excavación está formado por materiales altamente erosionables, se suspenderá la excavación arriba del nivel de desplante, hasta que esté por iniciarse la construcción de las estructuras. Durante esta etapa, la excavación se protegerá de inundaciones y se asegurará su estabilidad, para evitar derrumbes, drenando toda el agua que afecte a la excavación. El material suelto o inestable, así como el material vegetal,

se removerá para asegurar la estabilidad de la excavación. El material sobrante de la excavación se depositará en el sitio o banco de tiro autorizado o se distribuirá uniformemente en áreas donde no impida el drenaje natural del terreno o que no invada cuerpos de agua, para favorecer el desarrollo de vegetación. En todo momento se debe conservar estable y en óptimas condiciones las excavaciones.

2.6.2.1.9. Cortes del terreno natural (cuando el material se desperdicie)

Se identificarán previamente los caminos a utilizar para los bancos de depósito, se procederá a colocar señalamientos preventivos como lo indica nuestro Sistema de Gestión (SGAS), se realizará alguna adecuación por las necesidades municipales o poblacionales, que se conciliará con la supervisión o las dependencias para su consideración. Una vez desmontada y despalmada la zona en los lugares donde se indique, se llevará a cabo la excavación de corte, utilizándose para ello una excavadora Cat 330BL o similar, con objeto de cargar el material a camiones de volteo para su transporte. Debiendo de proveerse la cantidad necesaria de vehículos para el transporte del material producto de la excavación. Se deben de identificar previamente los lugares donde se va a tener que llevar los materiales a depósito, como realizar los trámites correspondientes con los propietarios. Se realizará un levantamiento topográfico para identificar la superficie, así como la capacidad del banco de depósito, esto para definir los sub-tramos que podrá recibir dicho banco, posteriormente se realizará un despalme de la materia vegetal. Ya teniendo listo el banco se procede a llevar el material mediante camiones de volteo y se extenderá con el apoyo de maquinaria requerida, para obtener un buen acomodo.

2.6.2.1.10. Bancos de préstamo

Del estudio de volúmenes requeridos para terraplén, subyacente, subrasante, base hidráulica, etc. las Autoridades competentes asignarán los bancos y/o la empresa que realizara una inspección física del tramo y zonas aledañas con la finalidad de identificar bancos de préstamo para estos conceptos, con la premisa de utilizar bancos comerciales existentes cercanos a la obra. La obtención de material para la construcción deberá ser de bancos de préstamo autorizados por la autoridad competente, a fin de evitar la deforestación de otras áreas, de lo contrario el contratista será responsable de realizar todas las gestiones necesarias para su autorización. Indicar a la delegación de la

procuraduría federal de protección al ambiente (PROFEPA), la ubicación y características de los bancos de materiales que serán utilizados.

2.6.2.2. Terraplenes (Entronque Oeste y Este)

Para los accesos a la estructura conformado por los entronques Oeste-Zona Urbana de 0.17 km y Este-Zona hotelera de 0.02 km, que consiste en tramos terrestre, se considera el uso de terraplenes contenidos en los laterales por un sistema de muros mecánicamente estabilizados con paneles prefabricados y reforzados con pilas de contención de 1 m de diámetro de apoyo principal, como se muestra en el esquema siguiente:

Figura 2. 46. *Entronque Oeste (Zona Urbana)*



Fuente: *Elaboración propia.*

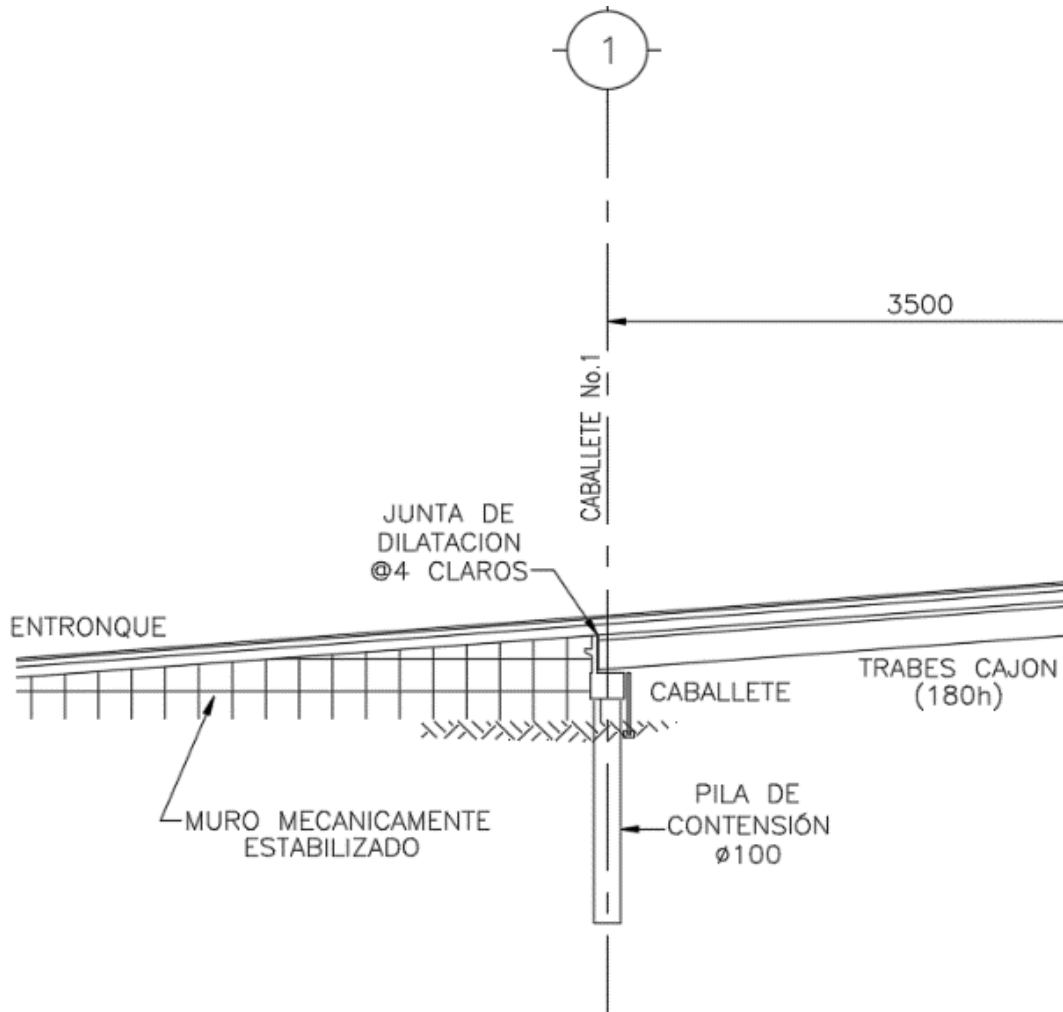
Figura 2. 47. **Entronque Este (Zona Hotelera)**

Figura 4 Plana de entronque este



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 2. 48. Componentes de la superestructura del Proyecto



Fuente: (CONOISA, Estudios de la Propuesta No Solicitada Puente Vehicular Nichupté, 2020)

2.6.2.2.1. Procedimiento constructivo del sistema de Terraplenes

El proceso constructivo de ambos entronques (Tramos 1 y 5) está proyectado a base de Terraplén, dadas las características específicas de cada una de las zonas, se adecuan los lineamientos y requerimientos constructivos por cada entronque descritas a continuación:

Extracción y acarreo de material de préstamo y/o aprovechamiento de material de corte.

- Los materiales que se utilicen en la construcción de terraplenes serán provenientes de bancos de préstamo o de cortes de acuerdo a la planeación del proyecto ejecutivo (Compensación de volúmenes o préstamo de banco).
- Preparación de la superficie de asiento: comprende la retirada del terreno vegetal y a veces la ejecución de una capa que separe el terraplén artificial con el terreno natural: capas drenantes, geotextiles.
- Extensión, desecación o humectación de las tongadas.
- Compactación de cada tongada.
- Refinado de los taludes y coronación.
- Los materiales a utilizar en terraplenes pueden ser compactibles o no compactibles, deben cumplir con la calidad especificada en el proyecto y/o con las normas de referencia.
- Se carga el material para conformar las capas de terraplén con un cargador y se lleva al sitio a través de camiones de volteo.
- Se realizará un estudio completo de materiales para terracería.
- De acuerdo a las características para la conformación de terraplenes y capa de forma, previamente se han identificado los bancos de material que cumplen con las características solicitadas en el anteproyecto y la normativa de la autoridad competente.
- Una vez terminada la construcción del cuerpo del terraplén, se construirá la capa subyacente, de acuerdo a lo que se indica en el proyecto ejecutivo; el material que forme la capa subyacente será extraído del producto de los cortes o del banco indicado en el

cuadro de bancos para terracerías y será compactada al 95% de su peso volumétrico seco máximo (P.V.S.M.) mediante la prueba AASHTO estándar.

- Para dar por terminada la construcción del terraplén, se verificará el alineamiento, el perfil y la sección de su forma, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y lo que indique en la cláusula H de la norma N LEG-3 ejecución de obras de la Normativa para la infraestructura del transporte.
- Los Muros Mecánicamente Estabilizados (M.M.E.) consisten en la estabilización mecánica de un terraplén por medio de un sistema de refuerzo y paramento; gracias a la interacción que se presenta entre estos elementos. El suelo al querer deslizarse, es retenido por el elemento de refuerzo.
- Los M.M.E. se conforman básicamente de 3 elementos: Paramento, Refuerzo y Material de relleno, los cuales se fabricarán y almacenarán para el montaje una vez requeridos; se instalarán en estricto cumplimiento de los requisitos de espacio y longitud indicados en los planos.

Formación de terraplén en zona urbana y zona hotelera, liberación de capas (compactación y niveles). Preparación de la superficie.

Zona Urbana (Tramo 1)

- El primer paso es el retiro de la vegetación y limpieza de la zona donde se realizará el terraplén. Este bajo la supervisión de los Programas de Manejo Integral de la Vegetación y de Fauna (PMIV y PMIF).
- Una vez terminadas las actividades de despalle y retiro de capa vegetal, se rellenan los huecos motivados por el desenraice y el área de desplante de la terracería (suelo natural) debe ser compactado en un espesor de 20 cm y hasta alcanzar el grado de compactación indicado en el proyecto ejecutivo.
- El cuerpo de terraplén se construirá de acuerdo con lo indicado en los diagramas de curva masa representados en los planos correspondientes del proyecto ejecutivo, formándose con capas horizontales y de espesor variable o de acuerdo al equipo de construcción, de manera que se logre el porcentaje de compactación de su P.V.S.M. indicado en el proyecto (90%), mediante la prueba AASHTO estándar.

- Una vez terminada la construcción del cuerpo del terraplén, se construirá la capa subyacente, con un espesor de 50 cm o de acuerdo al que se indica en el proyecto ejecutivo; el material que forme la capa subyacente será traído del producto de los cortes o del banco indicado en el cuadro de bancos para terracerías y será compactada al noventa y cinco por ciento (95%) de su P.V.S.M. mediante la prueba AASHTO estándar.
- Sobre la superficie de la capa subyacente debidamente afinada y tratada, se construirá la capa subrasante con material producto de los cortes o con material de préstamo de banco, de acuerdo con lo señalado en los diagramas de curva masa y con un espesor de treinta (30) centímetros en capas de espesor adecuado al equipo de construcción, de manera que se logre el cien por ciento (100%) de compactación de su P.V.S.M. mediante la prueba AASHTO estándar, formadas con partículas no mayores de setenta y cinco (75) milímetros eliminando por papeo las que si sean mayores.
- Para dar por terminada la construcción del terraplén, se verificará el alineamiento, el perfil y la sección de su forma, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y lo que indique en la cláusula H de la norma N-LEG-3 ejecución de obras de la Normativa para la infraestructura del transporte.
- En el caso donde se requiera la construcción de pedraplenes o de material no compactible (bandeado), ya sea para el relleno de cajas o la incrustación de los mismos en zonas inestables, estos se realizarán en los subtramos que indica el proyecto y/o lo que ordene la Dependencia.

Zona Hotelera (Tramo 5)

- Hincado de Tablestacas en el perímetro del terraplén hasta el contacto con material impermeable para una adecuada área de trabajo, la cual se drenará con bombas para tener un área seca, misca que operará las 24 horas los 7 días de la semana mientras se realiza el terraplén.
- Posteriormente se realiza el despalme y retiro de la vegetación, así como el relleno de los huecos por el desenraice.
- Compactación hasta alcanzar el grado especificado.

- A continuación, se construirán las capas de subyacente y subrasante.
- Consecutivamente con los puntos de material compactible o no compactible, arroje de taludes y Muros Mecánicamente Estabilizados en los tramos donde lo indique el proyecto y/o lo que ordene la Dependencia.
- Se usará geotextiles, filtros y otros elementos adecuados para evitar la fuga de material fino, que ocurre en las juntas entre los paneles, en el desplante y en los sectores de transición expuestos a la acción del agua.
- Al final de todos los trabajos se retirarán las tablestacas, así como las bombas.

Material Compactible

- Se indica al personal sobrestante y/o cabo de oficios, el programa del tramo por atacar, aclarando el espesor de capa, la cantidad de agua inicial por incorporar y el número de pasadas del equipo de compactación por capa, previamente determinados mediante capa de prueba o datos proporcionados por el laboratorio de control de calidad.
- Se recibe el material de corte o banco de préstamo procurando que sea en forma ordenada y homogénea, distribuyendo sobre la capa dicho acarreo de tal manera que facilite su conformación.
- Se procede a escopetar una parte del material tirado para permitir el paso de una pipa de agua que permita incorporar agua al material, y posteriormente con la cuchilla del compactador pata de cabra o moto conformadora, se corta material seco para irlo incorporando a la mezcla, extendiendo el material en todo el ancho del terraplén y en capas sensiblemente horizontales.
- Se compacta el material con el equipo elegido, ya sea vibro compactador mixto o compactador pata de cabra, hasta alcanzar el grado especificado en el proyecto.
- La compactación se realiza de los extremos al centro en tangentes y del interior al exterior en curvas, con un traslape cuando menos de la mitad del compactador.
- Se solicita al laboratorio de control de calidad el reporte o liberación de capa para iniciar un nuevo ciclo y al área de topografía el marcado y registro de niveles para elaborar las secciones correspondientes y avalar el avance.

- Una vez aprobada la capa, se procede a tirar y conformar la siguiente hasta llegar al nivel de proyecto, asegurando que no existan “acolchonamientos” o “baches”.

Material No Compactible.

- El material no compactible para terraplén se extiende a lo ancho del terraplén en capas sensiblemente horizontales con el espesor mínimo que permita el tamaño máximo del material.
- El acomodo de este material se realiza mediante bandeo con tractor con masa mínima de 36 toneladas, con un mínimo de 3 pasadas.
- El bandeo se realiza de los extremos al centro en tangentes y del interior al exterior en curvas, con un traslape cuando menos de la mitad del tractor.
- Terminada la capa, se verifican y registran niveles que proporcionen el volumen ejecutado como terraplén.

Arrope de Taludes.

- Al término de la conformación de terraplenes, en caso de requerirse en los planos, se inician las actividades de protección o arrope de taludes como lo indique el proyecto.
- Para el recubrimiento de taludes del terraplén se utiliza la tierra vegetal producto del despalme.
- La superficie por recubrir debe estar libre de material suelto o extraño que afecte el recubrimiento.
- Se procede al recubrimiento de acuerdo al espesor especificado en el proyecto y terminada la actividad informar a la Supervisión de Obra para verificar y conciliar los avances.

Metodologías Muro Mecánicamente Estabilizado.

Introducción: Los Muros Mecánicamente Estabilizados (M.M.E.) consisten en la estabilización mecánica de un terraplén por medio de un sistema de refuerzo y paramento, gracias a la interacción que se presenta entre estos elementos. El suelo al querer

deslizarse, es retenido por el elemento de refuerzo, el cual entra en tensión formando un bloque o macizo de tierra mecánicamente estabilizada.

Un Muro Mecánicamente Estabilizado se conforma básicamente por tres elementos:

- Paramento.
- Refuerzos.
- Material de Relleno.

A continuación, se describen cada uno de los elementos mencionados:

a. Dala de Desplante.

La primera pieza o bien fila inferior del panel de concreto, se apoya sobre una dala de desplante de concreto simple sin acero de refuerzo (armado), de 250 kg/cm^2 . Esta dala debe tener como mínimo 0.30 m de ancho y 0.20 m altura, que proporcionará la altura nivelada para una correcta colocación de los paneles de desplante. Para efectos de interpretación de cotas, se tomará el lecho superior de la dala o lecho inferior de la primera pieza como cota de desplante.

Las excavaciones para las dalas de desplante de los muros mecánicamente estabilizados, se ejecutarán en la forma y con las dimensiones indicadas en el proyecto y/u ordenadas por la Dependencia. El material obtenido podrá utilizarse para la formación del terraplén conforme a lo señalado en el mismo proyecto y/o cumpla con las normas de calidad de los materiales de la autoridad competente.

La tolerancia vertical recomendada es de 3 mm con respecto a la elevación de diseño. Si la dala de desplante no está en la elevación correcta, la parte superior del muro no estará en la elevación correcta. Los elementos prefabricados de altura completa para el paramento requerirán una dala de desplante de dimensiones mayores para mantener la alineación y proporcionar apoyo temporal como cimentación.

Se deberá colocar neopreno entre la primera pieza y la dala de desplante (cota de desplante).

b. Construcción de Muros Mecánicamente Estabilizados (Escamas o Paramento).

Se deberá contar con los servicios de una empresa especializada para el diseño, construcción y colocación de los elementos de los muros mecánicamente estabilizados, el cual será revisado y avalado por la Dependencia. Por lo que previo a su construcción, deberá presentar ante la residencia de obra, el proyecto de muro mecánicamente estabilizado aprobado por la Dirección General de Carreteras.

c. Materiales.

o *Elementos Prefabricados de Concreto.*

Los elementos prefabricados de concreto de $f_{c'}=250 \text{ kg/cm}^2$, que se utilicen para la formación del muro mecánicamente estabilizado, previamente a su colocación deberán ser aprobados, observando que cumplan con las dimensiones y características de diseño aprobado.

En el patio de colado, el inspector se asegurará que los elementos del paramento están siendo fabricados de acuerdo con las especificaciones de los estándares de norma. Por ejemplo, se recomienda que los paneles de concreto prefabricado para el paramento se cuelen sobre una superficie plana.

Para minimizar la corrosión, es especialmente importante que los dispositivos de conexión no entren en contacto o estén unidos al acero de refuerzo del elemento del paramento. Los elementos del paramento prefabricados entregados en el sitio del proyecto serán examinados antes de la erección.

Después de descimbrar los paneles prefabricados, se almacenarán en un área designada, para posteriormente transportarlos al lugar de montaje. La zona en la cual se realice la estiba de los paneles será un lugar limpio, firme y nivelado, para proteger los paneles de manchas y daños. No se podrán estibar más de 5 niveles de paneles para evitar daños en los niveles inferiores.

Se tendrán que colocar elementos que funciones como almohadillas (polines, neopreno o similar) entre cada panel para evitar fracturas y daño en las conexiones ahogadas dentro de estos.

Es importante mencionar que los elementos de fijación además de revisarse que no estén desalineadas y con la separación especificada en los planos, es necesario, comprobar -a través de una memoria de cálculo- que sean capaces de soportar las tensiones a las que estarán sometidos.

El refuerzo interno de las piezas de concreto será únicamente por temperatura, cumpliéndose con las solicitaciones de sección de acero descritas en las normas A.S.T.M. La principal función de las piezas de concreto es de una ayuda constructiva durante el proceso de construcción de los Terraplenes Mecánicamente estabilizados.

Figura 2. 49. Ejemplo de piezas (escamas) hexagonales para paramento de MME.



Fuente: Elaboración propia

○ *Elementos de Refuerzo.*

Elementos de refuerzo (tiras, malla, hojas) se entregarán en el sitio del proyecto bien sujetos o empaquetados para evitar daños. Estos materiales están disponibles en una variedad de tipos, configuraciones y tamaños (calibre, la longitud, estilos de productos).

Los elementos de refuerzo colocado en el macizo de tierra pueden ser:

- Metálico: Armaduras de acero galvanizado o sin galvanizar tipo barra y armaduras de acero galvanizado o sin galvanizar tipo malla.

- Sintético (Geosintético): Armaduras compuestas por geotextiles de polipropileno, polietileno o poliéster, armaduras de geomallas de alta densidad de polipropileno, polietileno, armaduras de PVC u otros plásticos.

El constructor, residente o responsable de la obra, verificará que el material esté correctamente identificado y revisará la designación especificada (AASHTO, ASTM, etc.). La verificación del material es especialmente importante para los geotextiles y geomallas ya que diferentes tipos de productos parecen similares pero tienen diferentes propiedades.

El refuerzo de malla será revisado por área bruta, longitud, ancho y el espaciamiento de los miembros transversales. La longitud y el grosor serán revisados en los refuerzos metálicos. Muestras de geomallas o geotextil serán enviadas al laboratorio para realizar pruebas de verificación.

- *Materiales Para Las Juntas Del Paramento.*

Los accesorios de apoyo (corcho, neopreno, etc.), relleno de juntas y cubierta de juntas (geotextil) estarán correctamente empaquetados para minimizar los daños de descarga y manipulación. Por ejemplo, se recomienda que el material de relleno de polímero y los geotextiles estén protegidos de la luz solar durante el almacenamiento.

Aunque estos artículos son a menudo considerados como artículos varios, es importante que el inspector reconozca que el uso del material equivocado o de su colocación incorrecta puede dar como resultado problemas significativos en la estructura.

- d. *Colocación de Muro Mecánicamente Estabilizado. Montaje*

El equipo mínimo requerido necesario para el montaje será definido por el proveedor del sistema dependiendo de los alcances de contrato, teniendo en consideración como referencia una grúa. Se considerará que la capacidad en toneladas de la grúa se ve disminuida dependiendo su capacidad de extensión, como referencia básica se tiene la grúa tipo HIAB articulada, la capacidad será definida por el tipo de proyecto.

Durante su colocación, los paneles prefabricados del paramento se colocan ligeramente hacia atrás (hacia el relleno) con el fin de asegurar una correcta alineación vertical final después de la colocación de relleno. Se produce un movimiento mínimo hacia fuera de los elementos del paramento durante la colocación del relleno del muro y la compactación, no

pudiéndose evitar, y se espera mientras que la interacción entre el refuerzo y relleno reforzado se produzca.

La mayoría de los sistemas con paneles prefabricados tienen alguna forma de machihembrado de alineación entre elementos adyacentes que ayudan en la construcción apropiada. Un típico desplome de los paneles prefabricados segmentados es de 20 mm por metro ($\frac{1}{4}$ " por pie) de altura del panel.

En la primera fila de elementos del paramento, el ajuste de la primera fila de los elementos del paramento es un detalle clave. La construcción comenzará siempre adyacente a cualquier estructura existente y se continuará hacia el extremo abierto del muro. El montaje de las piezas se efectuará por capas horizontales sucesivas sobre la longitud de la obra. El relleno detrás de las piezas se efectuará también por capas horizontales paralelas a la dala de desplante. Para el montaje de cada capa determinada, no debe procederse sin que la capa inferior esté terminada en toda su altura. Las piezas de la primera fila se apoyan directamente sobre el concreto de la dala antes descrita.

Se deberá colocar y plomear la primera fila de piezas de concreto y colocar el filtro geotextil a lo largo de todas las juntas horizontales y verticales.

Algunos detalles adicionales importantes son:

- Para los muros de paneles segmentados, es aconsejable utilizar escantillones, que establecen la separación horizontal entre paneles, de modo que las filas siguientes de paneles se ajusten correctamente.
- La primera fila de paneles estará continuamente sujeta hasta que varias capas de refuerzos y rellenos han sido colocadas. Los paneles adyacentes se sujetarán juntos para evitar el desplazamiento del panel individual.
- Después de establecer el desplome de la primera fila de paneles, la alineación horizontal se comprobará visualmente con instrumentos de medición o con una línea de referencia.
- Cuando se utilicen paneles de altura completa, la alineación inicial de sujeción y de fijación es aún más crítica ya que pequeñas desalineaciones no se pueden corregir fácilmente conforme la construcción continúa.

- La mayoría de los distintos sistemas de MME usa una variedad de tipos de paneles en el mismo proyecto para acomodar los requerimientos geométricos y de diseño (forma geométrica, el tamaño, el acabado, los puntos de conexión). Los tipos de elementos del paramento se revisarán para asegurarse de que estén instalados tal y como se muestra en los planos.

Los muros correspondientes a las estructuras de tierra mecánicamente estabilizada, deberán ser de las dimensiones indicadas en el proyecto. Las escamas de concreto que los formen, así como las armaduras (anclajes y tensores) que habrán de instalarse en el relleno, clavijas, juntas y accesorios para su montaje y colocación deberán ser de las características fijadas en el proyecto y cumplir con todos los requisitos de diseño para esta clase de estructuras. El coronamiento de los muros deberá cubrirse con un chapeo de mortero de cemento en proporción uno a cuatro (1:4) con un espesor mínimo de tres (3) centímetros.

Figura 2. 50. Ejemplo de montaje de escamas (paramento) para MME.



Fuente: Elaboración propia

e. Colocación de Capas posteriores de Paramento.

Se deberá colocar el neopreno o material similar entre piezas, se colocará y plomeará la siguiente fila de piezas, posteriormente se colocará la barra alineadora y se repetirá la secuencia hasta concluir con la elevación del muro.

A lo largo de la construcción de muros con paneles segmentados, los paneles del paramento sólo deben fijarse a nivel; la colocación de un panel en la parte superior de uno que no esté completamente relleno no puede permitirse.

Al final de cada jornada de trabajo, se deberá nivelar el relleno del muro con una pendiente en contra del paramento y compactará ligeramente la superficie para reducir la infiltración de agua superficial por la lluvia. Al inicio de los trabajos del día siguiente, se escarificará la superficie de relleno.

f. Colocación de Elementos de Refuerzo.

Los elementos de refuerzo de los sistemas de M.M.E. se instalarán en estricto cumplimiento de los requisitos de espacio y longitud indicados en los planos. Los refuerzos generalmente se colocan perpendicularmente a la parte posterior del panel del paramento. En situaciones específicas, muros estribo y muros en curva, por ejemplo, puede ser admisible sesgar los refuerzos de su ubicación de diseño en la dirección horizontal o vertical. En todos los casos, las capas superpuestas de refuerzos deben estar separadas por 75 mm (3") de espesor mínimo de relleno.

Los muros en curvas, cóncavas o convexas, crean problemas especiales con los paneles de los M.M.E y con los detalles del refuerzo; recomendándose generar diferentes procedimientos de colocación. Para sistemas de relleno con paneles prefabricados, las juntas se cerrarán o abrirán aún más por los movimientos normales del paramento en función de si la curva es cóncava o convexa.

g. Conexiones.

Cada sistema de M.M.E. tiene un detalle de conexión distinto. Todas las conexiones se harán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Los refuerzos flexibles, como son los geotextiles y las geomallas, por lo general requieren de un tensado para eliminar la holgura en el refuerzo; la tensión se mantiene con estacas o mediante la colocación de relleno durante el tensado. El tensado y replanteo reducirá movimientos horizontales posteriores del panel del paramento conforme el relleno se coloca.

h. Tolerancias de Alineación de los Paneles.

La clave para un producto final satisfactorio es mantener las alineaciones horizontal y vertical durante la construcción. Generalmente, el grado de dificultad de mantener la alineación vertical y horizontal aumenta a medida que la distancia vertical entre las capas de refuerzo aumenta.

Se recomiendan las siguientes tolerancias en la alineación:

- Espacios en las juntas de los paneles adyacentes (todos los refuerzos): 19 mm \pm 6 mm.
- Paneles prefabricados del paramento (todos los refuerzos): 6 mm por m (direcciones horizontal y vertical).
- Muros de paramento envuelto y taludes (por ejemplo, malla electrosoldada o paramento geosintético): 15 mm por metro (dirección horizontal y vertical).
- Muros de paramento envuelto y taludes (por ejemplo, malla electrosoldada o paramento geosintético) en general vertical: 8 mm por m
- Muros de paramento envuelto y taludes (por ejemplo, malla electrosoldada o paramento geosintético) abultado: 25 a 50 mm como máximo.
- Elevaciones para la colocación del refuerzo: 25 mm en la elevación para la conexión.

i. Dala de Remate de Cerramiento Superior.

Como proceso final de los trabajos de construcción de los muros mecánicamente estabilizados, se colocará una dala de remate de cerramiento superior de una resistencia $f'c=150$ kg/cm², en donde irá colocado el sistema de anclaje para el sistema de iluminación.

j. Relleno. Características físicas, químicas y mecánicas de los rellenos.

o Físicas.

- El Material de Relleno del muro deberá cumplir con los siguientes rangos: Peso volumétrico húmedo del Material de Relleno mayor 1.60 t/m³ compactado.

o Granulométricas.

- El 100% del material debe pasar la Malla con una abertura de 4”.
- El 0 al 60% del Material de Relleno debe pasar la Malla No. 40.
- El 0 al 25% del Material de Relleno debe pasar la malla No. 200.

k. Mecánicas.

- Angulo de fricción Interna del material de relleno no será menor de 30 grados.
- Angulo de fricción en la base del Muro (malla de desplante) con el suelo de contacto no menor de 30 grados.

l. Químicas.

- Contenido orgánico menor al 1% AASHTO T-267-86.

Al colocar el material de relleno para terraplenar el Muro Mecánicamente Estabilizado, este debe ser extendido para su compactación y dejar una superficie plana para la colocación del refuerzo. El relleno será ejecutado en capas conforme a las especificaciones del material de relleno y no serán mayores a 0.30 m. En caminos el equipo que se emplea para el tendido de materiales para conformación de terraplenes es la motoconformadora. Para los muros Mecánicamente Estabilizados, se recomienda el uso de este equipo.

Tal y como se realiza en caminos, las terracerías llevan el mismo proceso de compactación, por lo cual es importante el riego de la capa a compactar, para alcanzar la humedad optima, de acuerdo con lo indicado en las normas de la autoridad competente. Se recomienda que el riego del material se realice con equipo de aspersión para la mejor distribución de la humedad del suelo.

Con la excepción de la zona de 1.00 m directamente detrás de los elementos del paramento, rodillos grandes, lisos y vibratorios se utilizan generalmente para obtener la compactación deseada.

Rodillos compactadores de pata de cabra no se permitirán a causa de posibles daños a los refuerzos. Al compactar arenas uniformes de medias a finas (más del 60 por ciento pasando la malla N ° 40) se utiliza un rodillo estático del tambor liso o un rodillo ligero vibratorio. El uso de equipos de gran compactación vibratoria con este tipo de material de relleno hará difícil el control de la alineación del muro.

Dentro de 1 m del paramento del muro, se usará un pequeño tambor simple o doble, rodillos vibratorios manuales o compactadores de planchas vibratorias. La colocación del material de relleno cerca del paramento no quedará detrás del resto de la estructura por más de un nivel. La mala colocación de relleno y compactación en esta área en algunos casos ha dado lugar a un vacío vertical en forma de chimenea inmediatamente detrás de los elementos del paramento.

La franja cercana a la cara del muro (60 cm) deberá tener por lo menos el 90% de su PVSM (Peso Volumétrico Seco Máximo), el material de la subrasante se deberá compactar mayor o igual al 95% de su PVSM de la prueba AASHTO modificada. Los materiales pétreos utilizados deberán ser de los tipos indicados en la Norma N-CTR-CAR-1-01-009/11 y deberá de cumplir con los requisitos marcados en la Norma N-CMT-1-03/02, de acuerdo al inciso D Requisitos de calidad punto D.4.

El material de relleno será descargado sobre o de forma paralela a la parte trasera y media de los refuerzos y bandeado hacia la cara frontal. En ningún momento estará en contacto directo con los refuerzos algún equipo de construcción porque los revestimientos protectores de los refuerzos pueden ser dañados. Las capas de suelo serán compactadas hasta o ligeramente por encima de la elevación de cada nivel de las conexiones de refuerzo antes de colocar la capa de elementos de refuerzo.

m. Refuerzo metálico.

Las mallas o armaduras de acero galvanizado de dimensiones y calibres especiales protegidas por galvanizado (sistema de inmersión por caliente), deberán cumplir con las normas del sistema a utilizar. Estas se colocan mientras se efectúa el relleno, en capas horizontales. En cada una de las mallas o armaduras, existe un doblez para la fijación de las mismas con los anclajes por medio de un conector. En los casos en que las mallas o armadura sean de una longitud tal que dificulte su transporte o disponibilidad de medidas, se diseñaran seccionadas y su unión se hará de la misma manera como une la pieza de concreto a la malla, por medio de un conector.

A continuación, se muestra un ejemplo de un muro mecánicamente estabilizado terminado:

Figura 2. 51. Construcción de muro mecánicamente estabilizado terminada.



Fuente: AGEPRO.

2.6.3. Procedimiento constructivo en el tramo 2 (sistema Terrestre y Semi Top Down)

2.6.3.1. Accesos y patios de maniobras

El ingreso de maquinaria, materiales y mano de obra se realizará dentro del derecho de vía de la estructura, evitando dañar zonas con mangle o especies protegidas, para ello, se contará con una ruta para la construcción en donde se habilitara de manera temporal un camino de acceso y terraplenes, estos tendrán la capacidad de carga para el tránsito de los equipos sobre orugas durante la ejecución de los trabajos del tramo terrestre. El camino de acceso y los terraplenes temporales serán con un ancho máximo de 14 metros y se revestirán con agregados propios de la zona, evitando un impacto mayor en la zona de mangle.

Figura 2. 52. Imagen ilustrativa de acceso con terraplén



Fuente: (Propuesta No Solicitada Puente Vehicular Nichupté, 2020

Los accesos serán provisionales y se ubicará en su mayoría sobre el derecho de vía, cuidando en lo posible no afectar el mangle en todo el tramo (Figura 2. 54). Para el camino de acceso se colocará un revestimiento a base de piedra que soportará el peso de los equipos siguientes:

- Perforadora sobre orugas con un peso de 60 a 70 toneladas
- Grúa estructural de 60 toneladas
- Grúa hidráulica de 200 toneladas
- Grúa sobre camión
- Tracto revolvedor

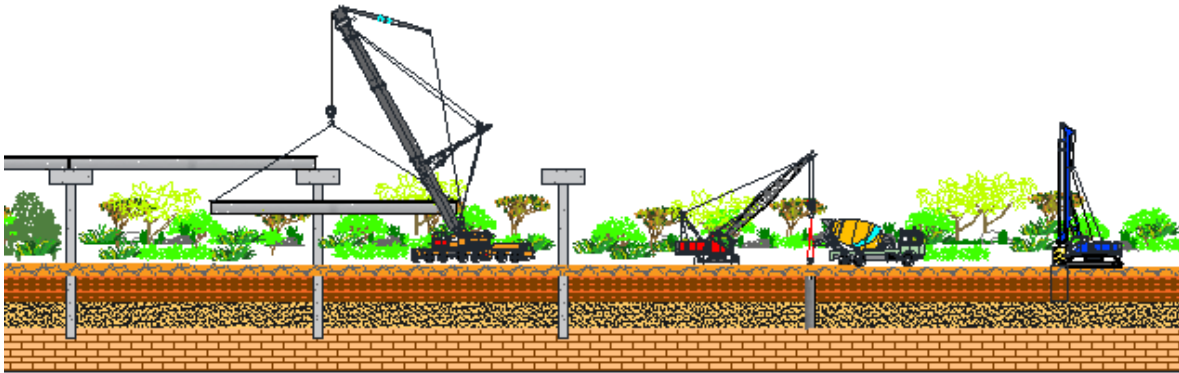
El diámetro de las pilas será de 1.5 metros y una profundidad de 15 metros.

Figura 2. 53. Área de aprovechamiento temporal Terrestre.



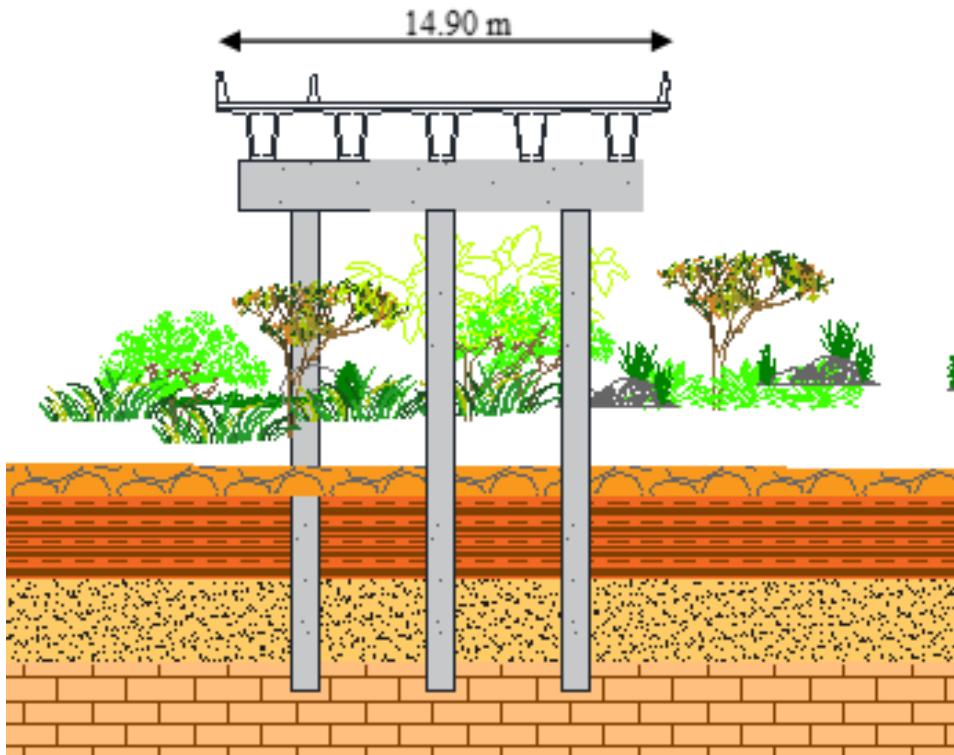
El procedimiento consiste en acondicionar una plataforma provisional en cada uno de los apoyos que servirá de soporte para posicionar la perforadora y la grúa durante las etapas de construcción de las pilas. Por lo tanto, dicha plataforma será en todo el ancho del puente, es decir 14.9 metros en sentido transversal por 10 metros en sentido longitudinal aproximadamente. En la Figura 2. 53 se muestra la ubicación de la plataforma temporal. Y en las Figura 2. 54 y Figura 2. 55 se muestran los cortes tipo de este sistema constructivo, en donde se aprecia la ubicación de la maquinaria sobre el terraplen para la colocación de las pilas y las plataformas.

Figura 2. 54. Corte del sistema constructivo Terrestre



Fuente: (AGEPRO, 2021).

Figura 2. 55. Corte sección de zona terraplén



Fuente: (AGEPRO, 2021)

Los accesos terrestres para la maquinaria pesada tendrán un ancho de 5.00 m, el acceso central estará en paralelo con el eje del Puente Nichupté dentro del derecho de vía de 30 m y estará conectado con la Av. Bonampak por un camino de acceso, se colocarán 4 patios de maniobra para vehículos pesados en cada intersección y al final del acceso central.

La superficie de desmonte estará conformada por accesos terrestres, patio de maniobras, huella de pilas (Tabla 2. 23).

Tabla 2. 23. Superficie de desmonte entronque Oeste (Tramo 2).

Concepto	Superficie
Camino de acceso	7,432.54 m ²
Patio de maniobras(4 PATIOS)	1,365.3 m ²
57 pilas en tramo 3 (huella)	211.72 m ²
Ramal	3,567.96 m ²
Total	12,577.52 m²

2.6.3.2. Sistema constructivo Semi Top Down

Para la zona de sabana de 1.21 km conformando por 40 ejes con un total de 120 pilas de 1.5 m de diámetro, la obra se ejecutará sobre orugas, el ingreso de maquinaria, materiales y mano de obra se realizará dentro del derecho de vía de la estructura (30 m), evitando dañar zonas con mangle o especies protegidas.

El procedimiento constructivo es el siguiente:

- Acondicionamiento de plataformas provisionales en sentido transversal y longitudinal (respectivamente) en cada apoyo para el posicionamiento de la perforadora y grúa.
- Colocación de la perforadora en el punto para el inicio de la perforación.
- Perforación del suelo hasta el nivel de desplante señalado por proyecto, la cual deberá hacerse en una sola etapa de un barreno cilíndrico vertical en el subsuelo con diámetro de 1.5 m a cada 35m y cumpliendo con una desviación en la posición mayor a 10 cm y sobre excavación mayor al 10% del diámetro. Durante todo el proceso de perforación se verificará que el desplome debido a la diferente consistencia de los materiales atravesados o cualquier otra razón supere el 1%.
- El material extraído del anterior punto será colocado en camiones de volteo por medio de excavadoras para su posterior manejo en los bancos de desperdicio autorizados.
- Colocación de acero de refuerzo previamente realizado en el patio de habilitado con una grúa estructural la cual también se utilizará en el colado de las pilas. El armado

llevara sus separadores plásticos o de concreto para garantizar el recubrimiento tanto en el fondo como en las paredes, se localiza el centro de gravedad del armado y se estroba con el fin de guardar el equilibrio y que no se reviente el estrobo.

- El procedimiento de colado inicia posterior a colocar el acero de refuerzo, la planta de premezclado deberá enviar el concreto premezclado el cual cumplirá con las características indicadas en el proyecto ejecutivo. Se procede a colocar las tuberías Tremie para el vertido del concreto siendo este no mayor a 24 horas después de concluida la perforación.
- Se procede de manera continua con el colado de concreto monolítico manteniendo un nivel horizontal del concreto a lo largo del colado. Iniciado el colado, bajo ninguna circunstancia se suspenderá por un periodo mayor a 30 minutos hasta que se garantice que la superficie de concreto sano se encuentre 50 cm por arriba del nivel superior de proyecto de la pila. Además, verificar que el revenimiento sea el adecuado, entre 18 y 20 cm como mínimo.
- Una vez culminados los trabajos de colado de las pilas y que se haya alcanzado la resistencia de proyecto, se procederá con el descabece mediante equipo neumático y se procederá a realizar los trabajos de construcción de los cabezales.
- Construcción de cimbra y/o obra falsa para la construcción del cabezal de la pila, finalmente se realizará el colado del cabezal teniendo las siguientes consideraciones: dimensiones (15.0 x 3.0 x 1.8m) separación entre inmersiones del vibrador no mayores a 40 cm, tiempo de vibrado 15 segundos como máximo por inmersión, el vibrador debe penetrar 1 ½ veces el radio de acción para consolidar el concreto, utilizar aditivos para juntas de construcción y una vez terminado el colado se curará mediante membrana de curado.
- Para la fabricación de las trabes tipo cajón, se deberá llevar un programa de fabricación y montaje para su correcto suministro en el orden que sea solicitados por obra, el cual incluirá en la fabricación la preparación de moldes, acero de refuerzo de trabes, sistema de pretensado, tensado de los torones y colado de trabe, las cuales serán diseñadas para unos claros de 35m.

- Para el transporte de travesas se deberá contemplar las siguientes consideraciones y actividades: carga de elementos, transporte conforme a la necesidad de la obra, rutas de transporte las cuales serán aprobadas por las instancias y autoridades, así como su tiempo de recorrido.
- Montaje de las travesas, para este procedimiento se revisará y mejorará el camino de acceso y/o plataformas de montaje para 2 grúas hidráulicas con capacidad entre 150 y 200 toneladas, requiriendo para cada plataforma un área de 15 x 15 m.
- Construcción de firme de compresión; una vez liberados los trabajos de armado y cimbrado se procederá a ejecutar los trabajos de colado del firme. El concreto hidráulico que se empleará será de un $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, el acero de refuerzo se habilitará previamente en el patio y se transportará por medio de camiones y contará con una resistencia de esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm^2 y será traslapado con alambre recocido N° 18. El concreto que sea aceptado en términos de especificaciones será colado a través de sistemas de bombeo y se realiza el vibrado de dicho concreto considerando la separación entre inmersiones del vibrador no será mayor a 40 cm, la penetración entre la capa inferior contigua previamente colada no sea mayor de 10 cm y el tiempo de vibrado es de 15 segundos como máximo por inmersión. Al final del colado el firme será curado mediante membrana de curado.
- Una vez establecidos los niveles y alineamientos se procederán a realizar el habilitado de acero refuerzo, instalación de drenes de tubería PVC conforme a lo establecido en el proyecto ejecutivo y los accesos para suministro eléctrico para posteriormente el cimbrado y colado de concreto.
- Habilitado y armado de parapetos de acuerdo a la Norma N-PRY-CAR-6-01- 003 para posteriormente aplicación de pintura para finalizar con su montaje.
- Colocación de la carpeta asfáltica en dos capas de acuerdo al espesor total de la carpeta, la primera capa como niveladora y la segunda de terminación para posteriormente iniciar la compactación utilizando un compactador de rodillo metálico hasta lograr como mínimo una compactación al 95% de su masa volumétrica máxima, a continuación, se procede con una compactación por medio de un compactador neumático.

- Una vez terminados los trabajos de compactación se realizan las pruebas necesarias que aseguren la estabilidad de la mezcla asfáltica establecida en el proyecto y la norma de la autoridad competente, N-CMT-4-05-003, y conforme a lo señalado en la norma N-CTR-CAR-1-04-006 y deberá cumplir con un máximo de 10% de permeabilidad y cumplir con la prueba de la regla de 3 metros con 5 milímetros en promedio de depresión como máximo.
- Para finalizar se procede a la colocación de las juntas de dilatación tipo Wosd 100, así como la instalación de luminarias, tubería de PVC y cableado eléctrico.
- Perforación para pilas

El siguiente paso es iniciar la perforación de la pila con una perforadora hidráulica RS60 o similar hasta el nivel de desplante señalado en el proyecto ejecutivo, asumiendo especial atención, control y manejo adecuadamente del material producto de la perforación al banco de desperdicio autorizado. El material será cargado con apoyo de una excavadora a los camiones de volteo.

Figura 2. 56. Ejemplo de perforación de pila con la RS60



Fuente: (Propuesta No Solicitada Puente Vehicular Nichupté, 2020)

2.6.3.3. Colado de pilas

Una vez terminada la perforación se continua con la colocación del acero de refuerzo y continuamos con la colocación del concreto, esta actividad estará estrictamente supervisada por el personal de campo para evitar verter lechada o concreto en las áreas aledañas al apoyo del puente.

Terminada la construcción de la pila colada en sitio se continua con la colocación de acero de refuerzo de la pila, cimbra y por último la colocación del concreto.

Inmediatamente después se continua con los preparativos para la construcción del cabezal de la pila, sin embargo, previo a la colocación del acero se coloca la cimbra y/u obra falsa. Finalmente se realiza el colado del cabezal.

2.6.3.4. Colocación de Trabes

El siguiente proceso consiste en el transporte y montaje de las trabes, para este procedimiento se revisará y mejorará el camino de acceso y/o plataformas de montaje para 2 grúas hidráulicas con capacidad entre 150 y 200 toneladas.

El área requerida para cada plataforma es de 15x 15 metros cuadrados.

Figura 2. 57. Ejemplo de montaje de trabe



Fuente: (Propuesta No Solicitada Puente Vehicular Nichupté, 2020)

El proceso siguiente es el colado de la losa de rodamiento, este se realiza una vez montadas las traveses cajón, dicho procedimiento consiste en la colocación del acero de refuerzo tanto en el sentido transversal como longitudinal, así como la colocación del concreto.

Figura 2. 58. Ejemplo de Armado de Losa



Fuente: (Propuesta No Solicitada Puente Vehicular Nichupté, 2020)

2.6.4. Procedimiento constructivo en el tramo 3 (Sistema Top Down en zona de manglar)

En los aproximadamente 0.68 km del sector se encuentra la zona de manglar y, por lo tanto, no es posible acceder desde el suelo a la construcción de las cimentaciones y subestructuras ni plantear superestructuras cimbradas con acceso desde el suelo, por ello se debe contemplar un sistema constructivo denominado “Top Down” con cimbra autolanzable, para realizar un total de 19 ejes conformado por 57 pilas.

Este tipo de soluciones utilizan una celosía metálica lanzadora de gran capacidad, normalmente diseñada para puentes prefabricados de segmentos de luces hasta 100 metros a la que se le adapta la punta para poder ejecutar la cimentación en voladizo desde el extremo de avance.

La colocación de elementos de perforación pesados en el extremo de la viga lanzadora limita su capacidad de claro volado de avance hasta de 35m. Con esta metodología es posible construir la cimentación de pilas, haciendo el hincado perforado desde la viga lanzadora limitando así la afección al manglar.

Con esta solución se debe construir la cimentación, subestructura y superestructura ya sea mediante pilas prefabricadas o in situ y los cabezales, que igualmente pueden ser prefabricados en sección completa o mediante encofrado prefabricado exterior.

2.6.4.1. Procedimiento constructivo del sistema Top Down:

El procedimiento constructivo es el siguiente:

Armado del equipo Top Down el cual cuenta con una longitud de 200 m por lo cual durante la etapa de armado se utiliza un espacio 1.5 veces su longitud donde se colocarán las secciones de la estructura y equipos necesarios para su armado. El residente de construcción elaborará un plan para la instalación de la estructura y las ubicaciones de las piezas de acuerdo al diseño del fabricante, indicando las zonas de carga y los ejes de lanzamiento del equipo en las diversas etapas de construcción “Cinemática de montaje”. Con apoyo de grúas hidráulicas de 200 ton se iniciará con el armado del sistema Top Down, el cual se realizará en etapas y de acuerdo al manual de instalación del fabricante.

Previamente armado se traslada hasta la posición del eje de lanzamiento donde se ubicará con apoyo de equipo hidráulico el cual es parte del mismo Sistema Top Down.

El movimiento hacia adelante o lanzado de equipo se realiza apoyando los marcos principales delanteros y traseros sobre vigas transversales colocadas sobre la estructura, posterior se elevan los marcos delanteros y se traslada el equipo hacia adelante quedando la viga en posición de cantiléver hasta llegar a la ubicación donde se bajarán los marcos secundarios.

Posteriormente se arma y habilita la tubería ademe con base en los planos estructurales se realizara la geometría del elemento (longitud, peralte, ancho, esviajes, etc.), detalles de conexión y tipo de soldadura, los cuales son elaborados en planos de taller los cuales deberán contar con: Registro de calificación del Procedimiento de Soldadura PQR, Procederu Qualification Record, Registro de calificación del procedimiento, es la etapa previa antes de desarrollar el procedimiento WPS, Procedimiento de Fabricación para uniones soldadas WPS, Welding Procedure Specification, especificación del procedimiento de soldadura (material base, material de aporte, posición, diseño de junta, temperaturas, pre y post calentamiento, etc.) y WPQ, Welder Performance Qualification Record, Registro de Calificación del rendimiento del Soldador, si el soldador ha pasado satisfactoriamente

una prueba práctica de habilidad para desarrollar un determinado WPS. de acuerdo con AWS D1.1-96, posteriormente se hacen los cortes de las dimensiones de la tubería y su ángulo de bisel, ensamble de tubería fijación de puntos de soldadura, precalentamiento del metal base, aplicación de soldadura cumpliendo con los controles de calidad necesarios para su correspondiente transporte.

Para el hincado del ademe metálico el sistema Top Down que se utilizará en el proyecto considera la utilización de equipo especial para la construcción de la infraestructura o pilas coladas en sitio, subestructura y superestructura, el cual consta de una estructura metálica de aproximadamente de 200 metros de longitud con capacidad para realizar un claro de 35m, sin embargo se tiene que realizar adecuaciones tales como: una plataforma de trabajo sobre dicha estructura metálica para alojar una perforadora de 60 toneladas de peso y capacidad para perforar pilas coladas en sitio de 1.50m de diámetro a una profundidad indicada en proyecto; previo y/o paralelo a este procedimiento se colocará un ademe metálico hincado hasta el estrato rocoso, esto con el objetivo de aislar el tirante de agua con el concreto fresco de la pila durante el proceso de colado.

Los ademes de acero son hincados en el lugar, en la forma, elevación, profundidad y verticalidad conforme a lo establecido en el proyecto. Con el apoyo de topografía, durante el proceso de hincado de los ademes se lleva el control de verticalidad, nivel, longitud y golpes aplicados y se aplica el criterio de rechazo el cual es el siguiente:

- Se cumple con el siguiente criterio de rechazo: 5 golpes/plg., para el martinete con una altura de caída de martinete en velocidad 3.
- Si no se cumplen las dos condiciones del punto anterior, se proseguirá con el hincado de los ademes, incrementando el número de golpes del criterio de rechazo, hasta un máximo de 9 golpes/plg., o hasta alcanzar el nivel de desplante definido en el proyecto.
- Al terminar el proceso de hincado, se realiza los ajustes que necesarios en los tubos ya sean recortes si quedaron por encima del NIC o empates si quedaron por debajo.
- Con el hincado de los tubos ademe concluido se procede a la colocación de los elementos de perforación en el extremo de la viga autolanzable la cual debe tener la capacidad suficiente para realizar en una sola etapa la perforación de un barreno cilíndrico vertical.

- Perforación de las pilas desde la estructura del sistema Top Down hasta la profundidad de desplante con perforadora rotatoria, autopropulsada y autonivelable de manera continua y en una sola etapa; durante la perforación se tomarán las medidas necesarias para minimizar la alteración del sustrato adyacente al barreno. No se permitirá una desviación en la posición mayor a 10 cm ni sobre-excavación mayor al 10% del diámetro. Durante todo el proceso de perforación se contarán con cortinas antidispersión de sedimentos.
- Durante la ejecución de las actividades de perforación, el material extraído es retirado del sitio de trabajo, transportándolo al sitio propuesto y aprobado.
- Para mantener la integridad de la excavación, el tiempo que transcurra desde el término de la perforación, hasta el colado de la pila, no debe ser mayor a 24 horas en ninguna circunstancia.
- Alcanzada la profundidad de desplante se verificará en laboratorio las propiedades de dicho estrato.
- Una vez terminada la perforación de cada pila se coloca dentro de este el acero de refuerzo realizado previamente en el patio de habilitado, con una grúa estructural habilitada sobre el sistema Top Down, la cual también se utilizará en el colado de las pilas.
- El armado es llevado al sitio de colocación por medio de transportes del patio de armado hasta el área de carga del sistema de acuerdo a la cinemática establecida para los trabajos de cimentación, este armado llevara sus separadores plásticos o de concreto, para garantizar los recubrimientos tanto en el fondo, como en las paredes de la pila hincada, el armado es introducido con grúa y fijado al tubo con personal.
- El procedimiento de colado de pilas inicia posterior a colocar el acero de refuerzo dentro de la perforación, mediante una liberación para el colado donde se colocan los niveles de perforación tipo de pila, ubicación y características del armado colocado.
- La planta de premezclado enviara el camión llamado olla con concreto premezclado el cual cumple con las características indicadas establecidas, como al camión bomba, estos se posicionarán en la parte del patio de carga del sistema Top Dow de acuerdo a

la cinemática de construcción de pilas y se bombeará el concreto premezclado a través de tubería hasta la ubicación de la pila a colar.

- Iniciado el colado, bajo ninguna circunstancia se suspenderá por un periodo mayor a 30 min hasta que se garantice que la superficie de concreto sano se encuentre 50 cm por arriba del nivel superior de proyecto de la pila, verificar que el revenimiento sea el adecuado, entre 18 y 20 cm como mínimo, además, la operación del colado debe de ser realizada en forma continua, para evitar que, durante los lapsos de espera el concreto inicie su fraguado y se provoquen taponamientos y/o juntas frías.
- Una vez culminados los trabajos de colado de las pilas y que se haya alcanzado la resistencia de proyecto, se procederá con el descabece mediante equipo neumático y se procederá a realizar los trabajos de construcción de las pilas y cabezales.
- Colocación de acero de refuerzo de la pila, cimbra y por último la colocación del concreto.
- Para la construcción de los cabezales se debe tener en cuenta varios aspectos en cuestión del acero estructural: verificar que el acero de refuerzo corresponda al grado requerido por el proyecto, durante la colocación o armado del acero de refuerzo en sitio, el responsable deberá respetar la posición, orientación, diámetro y longitud indicados en planos estructurales. En todos los dobleces para anclaje o cambios de dirección en varillas deberá contar con un pasador adicional de diámetro igual o mayor que el diámetro de la varilla. No se deben efectuar traslapes en la zona de unión ni a L/5 de cualquier elemento, en traslapes de varillas se deberá colocar 2 estribos adicionales.
- Teniendo completo el acero de refuerzo del cabezal, se continua la colocación de los tableros de cimbra, se utiliza un sistema de cimbra con obra falsa hermética que será diseñado para cumplir con las características geométricas del proyecto.
- Una vez liberados los trabajos de armado y cimbrado, se procederá a ejecutar los trabajos de colado del cabezal, para el cual deberá ser suministrado el concreto desde la planta lo más rápido y directo posible para preservar la consistencia y la temperatura del mismo. El vaciado del concreto será a través de sistemas de bombeo evitando que el concreto se disgregue conforme a las normas y especificaciones aplicables para los procesos de colocación de concreto y con una operación continua de suministro y

colocación hasta completar el elemento, se utilizará un aditivo para juntas de construcción, con el propósito de evitar problemas debido a juntas frías y se realizará el correcto vibrado, la separación entre inmersiones no será mayor a 40 cm, y la penetración entre la capa inferior contigua, previamente colocada, no sea mayor de 10 cm; el tiempo de vibrado es de 15 segundos como máximo por inmersión, el radio de acción del vibrador es de 3 a 5 veces el diámetro del vibrador y por última el vibrador se debe penetrar 1 ½ veces el radio de acción para consolidar el concreto adecuadamente.

- El retiro de la cimbra se realizará una vez alcanzado el 80% de la resistencia de concreto especificada en el proyecto ejecutivo y se inicia con el retiro de las caras laterales y el fondo del sistema de cimbra con apoyo de grúa, barcaza y remolcador. En caso de existir alguna deformación o daño en alguna parte del elemento, la zona por reparar se limpia de impurezas y partes sueltas, se aplica un resane con una mezcla del mortero de alta resistencia y con el procedimiento autorizado para la reparación de elementos de concreto se realiza la operación.

Concluidos y liberados los trabajos de la subestructura, se realizará el montaje de las traveses por medio de Top Down que consiste en transportar las traveses desde los patios de fabricación hasta los apoyos en los que se requiere montar la superestructura debiendo cumplir con una serie de protocolos y secuencias de trabajos a ejecutar, cumpliendo con los siguientes puntos:

- Para el proceso de traslado se necesita verificar que no existan interferencias aéreas ni superficiales.
- Ubicando la pieza a transportar se procede a preparar la trabe para su transporte por medio de un dispositivo el cual sirve de soporte lateral.
- Para la carga se deberá utilizar grúas y/o pórticos con la capacidad adecuada para realizar la maniobra de izaje y colocación en el transporte respetando su orientación.
- En el proceso de traslado se debe definir posibles rutas de circulación, así como dependiendo del reglamento de tránsito local será necesario monitorear horas favorables para el traslado.

El montaje de las traveses consiste en transportar las traveses por el método de Top-Down, para realizar este movimiento, el equipo se apoyará en los cabezales construidos

trasladando las traveses de la parte posterior al claro a montar, utilizando las grúas con las que cuenta el equipo. Colocando rieles para el desplazamiento de los mecanismos (trolleys) sobre el claro anterior, se moverán las traveses una vez descargadas del patio de fabricación, para trasladar la pieza hasta las grúas del equipo Top Down, estos rieles se irán moviendo sobre los tramos que se vayan terminando y así sucesivamente al ir avanzado con el montaje.

El firme de compresión es el último proceso constructivo de la superestructura previo a la pavimentación y reciben a la carpeta asfáltica, guarniciones y banquetas, el cual consta del armado, cimbrado y colado de elementos que se mencionaran a continuación. Los trabajos de armado y cimbrado del firme de compresión, se realizarán en la base de las traveses cajón. Los trabajos de cimbrado se ejecutarán en las fronteras laterales del firme de compresión. El acero de refuerzo se habilitará previamente en el patio y se transportará por medio de camiones con plataforma hasta su disposición en la obra.

Una vez culminados los trabajos de armado y cimbrado se procederá a ejecutar los trabajos del firme de compresión el cual también será vibrado considerando los puntos anteriores de vibración. Una vez terminado el colado completo el firme de compresión se curará mediante membrana de curado, para evitar que el elemento pierda humedad.

Para la construcción de guarniciones se deberá respetar los puntos establecidos en la norma de la autoridad competente “N-PRY-CAR-6-01-002/01” y en la Norma “N-CTR-CAR-1-02-010/00”.

Al construir los parapetos sus componentes se diseñarán de acuerdo con el tránsito esperado de vehículos, tomando en cuenta la protección de los ocupantes de un vehículo que choque contra el parapeto, de los vehículos próximos a la colisión, de los vehículos y peatones que circulen por un camino inferior, así como la visibilidad de los conductores y la buena apariencia del parapeto.

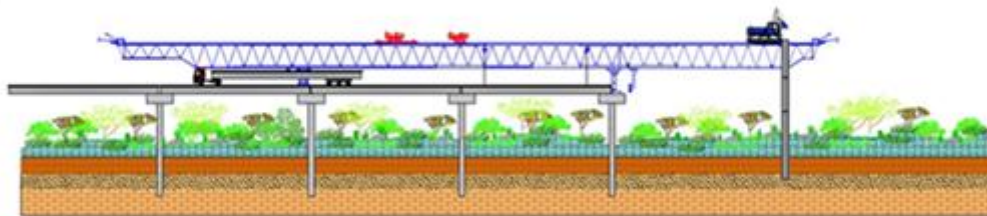
Los parapetos para vehículos deben ser capaces de resistir cargas establecidas en la Norma N-PRY-CAR-6-01-003, aplicadas en todos los sitios posibles, garantizando la continuidad estructural entre todos sus elementos.

Para finalizar se procede a la construcción de los pavimentos, juntas de dilatación y barreras centrales, el riego de impregnación será por medio de una petrolizadora según lo

establecido en el proyecto y/o lo indicado por la norma SCT, N-CTR-CAR-1-04-004, el cual se aplicará uniformemente sobre la superficie por cubrir. El riego de liga por medio de una petrolizadora según lo establecido en el proyecto y/o lo indicado en la norma SCT, N-CTR-CAR-1-04-005/00, el cual debe ser aplicado sobre la superficie.

Las juntas de dilatación tipo WOSD 100 comenzara con el marcado y replanteo de los límites de la junta a ambos lados de su eje. Corte del pavimento con máquina de disco de diamante. Demolición del aglomerado asfáltico que queda entre los cortes realizados. Colocación de acero de refuerzo en la zona en donde se realizará el anclaje de la junta, una vez teniendo el acero de refuerzo en la ubicación que marque el proyecto, se procede a la colocación de la junta de dilatación, realizando el anclaje pretensando entre el acero de refuerzo y los perfiles extruidos de la junta de dilatación. Se colocan estabilizadores por encima de la junta para que esta no sufra movimientos durante los trabajos de colado. Se ejecuta el colado con concreto hidráulico del cajeadado a modo de recrecido o nivelación, quedando una superficie perfectamente plana y nivelada y posteriormente la colocación de pernos de anclaje, colocación de tubería PVC, cableado eléctrico y luminarias.

Figura 2. 59. Sistema constructivo Top Down



Fuente: (Propuesta No Solicitada Puente Vehicular Nichupté, 2020).

2.6.5. Procedimiento constructivo en el tramo 4 (Sistema Lagunar nichupté)

2.6.5.1. Sistema Semi-Top Down con Jack Up (Zona Cuerpo de Agua)

El desarrollo del sistema constructivo “Semi Top-Down con Jack Up o barcazas” se implementará en el tramo del Cuerpo de Agua del puente, con una longitud de 6.72km, siendo el tramo más largo del proyecto. Generalmente está formada por tres patas que soportan una cubierta flotante las cuales se fijan el fondo marino y la cubierta se desliza sobre ellas colocándose al nivel de la superficie del mar.

Dicho sistema está delimitado por la profundidad de las aguas someras, controlando el acceso mediante medios marinos, cuyo tamaño y capacidad están restringidos. Cualquier embarcación propuesta debe de tener como máximo un Calado de 2 mts.

Se considera que dicho sistema sea híbrido y se combine con el proceso constructivo “Top-Down”, con ello se pretende maximizar los tiempos de ejecución de los trabajos, planificando las soluciones que permitan avanzar en trabajos del pilotaje y la subestructura de forma independiente en relación con la lanzadera, con ello se tendrá la opción de abrir varios frentes del proyecto.

Tiene como ventajas:

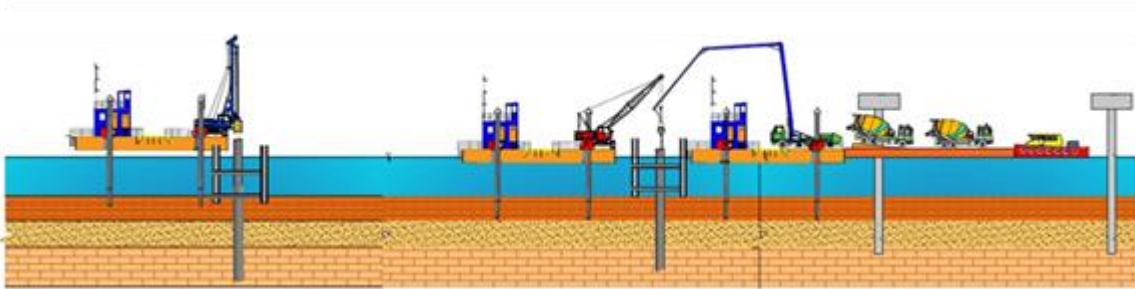
- Abrir un nuevo frente de construcción en paralelo con la construcción de los tramos este y oeste.
- Se considera deseable, con el fin de acelerar la construcción, plantear soluciones que permitan ejecutar el pilotaje y la subestructura de forma independiente de la lanzadera como es el sistema constructivo “Semi Top Down” con Jack up para cimentación y viga lanzadora para superestructura a través de barcazas especializadas.
- La ventaja del sistema es que permite abrir un nuevo frente de construcción en paralelo con la del desarrollo de otros tramos del proyecto, además que permite aumentar el claro hasta 42 m, al no estar limitado por la ejecución de la cimentación desde el extremo de la viga lanzadora, disminuyendo el número de cimentaciones y de ciclos a realizar, con las consiguientes ventajas de menor afección a la laguna.

Figura 2. 60. Ejemplo del sistema constructivo Semi Top Down con Jack Ups



Fuente: (Propuesta No Solicitada Puente Vehicular Nichupté, 2020)

Figura 2. 61. Sistema constructivo Semi Top Down con Jack Ups



Fuente: (Propuesta No Solicitada Puente Vehicular Nichupté, 2020)

Muelle provisional

El acceso a la laguna Nichupté de las barcazas, será a través de un muelle provisional, cuyo acceso es por vía terrestre.

La llegada de la barcaza será por medio de un semirremolque al muelle Tajamar, el cual cuenta con el desarrollo necesario para la ejecución del proyecto, ubicado en Avenida Malecón Fonatur, y que es propiedad de FONATUR y se encuentra debidamente limitado por medio de malla, para no afectar el tránsito de la misma Avenida (Figura 2. 62).

Figura 2. 62. Localización del muelle provisional.



- Se prosigue al armado de la barcaza dentro del muelle conforme a las características del mismo.
- Por medio de una grúa con capacidad suficiente para levantar la barcaza y el equipo necesario para los trabajos en altamar, se procede al izaje para su colocación en la laguna.
- Con ayuda de embarcaciones de remolque se colocará con ayuda de GPS la barcaza conforme a lo indicado en proyecto.
- La embarcación y la barcaza podrán atracar en el muelle Tajamar para su mantenimiento o en el periodo donde no estén trabajando.
- Una vez finalizados los trabajos se sacará la barcaza para su desarmado y traslado por el muelle Tajamar con ayuda de una grúa.
- Se deberá tener en cuenta que el Calado máximo de las embarcaciones no debe ser mayor a 2 mts.

2.6.5.2. Proceso Constructivo

- Una vez en altamar se procede a colocar la barcaza en el punto donde se harán las primeras pilas de cimentación.
- Instalación de barrera tipo cortina flotante para evitar derrames y en caso de que haya un residuo producto de la perforación sea debidamente retirado y dispuesto.
- Colocación de ademe metálico que puede ser no recuperable o recuperable en la ubicación de la pila, con ayuda de personal topográfico.
- Perforación para la pila dentro del ademe metálico hasta la profundidad que indique el proyecto, la cual puede cambiar si se encuentra con la existencia de fracturas, cavernas o alguna otra anomalía o el material resistente varía de profundidad en la cual se encuentra.
- La perforación y extracción del material se puede realizar con una perforadora rotatoria con bote o broca de tipo helicoidal.
- Utilizando el método Air-Lift, el cual consiste en la aplicación de aire a compresión en el fondo de la perforación, logrando levantar el azolve de sedimentos con el fin de colocar el acero de refuerzo a la profundidad adecuada sin la intervención de obstáculos, el acero debe estar centrado en la perforación empleando centradores.
- Izaje y colocación del armado de acero.
- Colado continuo de las pilas con el procedimiento Tremie y embarcaciones que lleven el concreto a su destino final.
- Si pasan más de 12 horas y no se puede colar se procederá a limpiar nuevamente con bote el fondo de la perforación y el método Air-Lift.
- Se llevará un registro detallado de las pilas, que incluya la fecha de colado y el visto bueno de la supervisión respecto a la calidad de los materiales de construcción.
- Al término y en el proceso constructivo de cada pila se deberá verificar la verticalidad y ubicación de las pilas con apoyo de personal topográfico.
- Retiro del ademe metálico si es el caso de que sea recuperable.

- Finalmente se procede con el sistema constructivo de la superestructura.

2.6.5.3. Uso de Barcazas y embarcaciones

Para el movimiento de equipo pesado dentro de la zona lagunar, se puede optar por el implemento de embarcaciones que se puedan mover en aguas poco profundas como lo es la laguna Nichupté. Por lo que se recomiendan las siguientes opciones:

Buque de trabajo polivalente: Contiene alojamiento y área de servicios básicos, es utilizado para la construcción de obras marítimas, portuarias y balizamientos marítimos. puede incluir equipo de perforación o izaje. Sus dimensiones son: 12 m, 3 m y 1.5 m de calado, con un tonelaje de registro bruto de 10.8 T.

Figura 2. 63. Ejemplo de embarcación para sistema “Semi Top Down con Jack Up”



2.7. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PLANES DE EMERGENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN.

Los trabajos de construcción, así como para la operación de maquinaria serán programados y supervisados, a fin de poder anticiparse a algún incidente.

Para controlar el riesgo por caída de material se colocarán mallas o soportes por debajo de las áreas de trabajo. De manera similar se prevé la colocación de mallas tejidas, mismas que se utilizan para el control en derrames de hidrocarburos, en la zona lagunar que pudieran evitar la dispersión en caso de algún derrame, estas mallas tejidas se desplegaran por lancha avanzarán a la par del frente de trabajo.

2.8. INSUMOS REQUERIDOS

Como insumos requeridos por el proyecto tenemos: energía eléctrica procedente de plantas de generación de combustión, agua procedente de pozos o escurrimientos perennes de las poblaciones cercanas siempre bajo el trámite correspondiente de la CONAGUA y combustibles procedentes de las estaciones de servicio localizadas en las localidades cercanas al puente y ubicadas en la Zona Urbana de Cancún por lo anterior no se prevé el desabasto de alguno de los insumos requeridos.

2.8.1. Agua

El proyecto requerirá para su construcción agua potable para el consumo de los trabajadores, y agua cruda para las operaciones de construcción como riegos y mezclas. En cuanto al agua potable se estima un consumo promedio diario de 3 litros por persona. Ésta se obtendrá de potabilizadoras cercanas y/o se comprará en garrafones de 20 litros a empresas en las poblaciones cercanas.

Por otra parte, el personal de obra requerirá agua cruda, tanto para su higiene personal como para uso sanitario. El agua cruda podrá obtenerse por medio del abastecimiento municipal cuyo suministro se prevé por medio de pipas ya que por ningún motivo se extraerá agua de los mantos freáticos. En el campamento de obra el agua será suministrada por el órgano operador que tenga a su cargo el abastecimiento de agua en Cancún.

En caso de ser necesario, se contratará el servicio de suministro de agua de pozos cercanos existentes y que ya cuenten con la concesión por parte de CNA previa autorización.

El traslado y almacenamiento del agua cruda será en camiones tipo “pipa” de 10,000 litros. El agua necesaria para la obra prácticamente no será almacenada, porque se trasladará y utilizará inmediatamente. Solo el agua para uso doméstico en obra se almacenará en cisternas portátiles de 5,000 litros ubicadas en los frentes de obra y en garrafones de 20 litros para el consumo de los trabajadores.

2.8.2. Materiales y sustancias

El principal material contemplado para la construcción del puente será el concreto, ya sea en elementos prefabricados o colados in situ, no obstante, también serán requeridas cantidades importantes de acero para las pilas, así como agua para mezclas y materiales diversos como madera y plásticos entre otros. El concreto será adquirido en la zona urbana y se considera una planta de fabricación de traveses (camas de tensado) que de igual modo se ubicará en la zona urbana. En la Tabla 2. 23 se puede observar el volumen de los principales materiales requeridos para este proyecto.

Tabla 2. 24. Volumen de materiales requeridos para la construcción del Proyecto.

ELEMENTO	CONCRETO (m ³)	ACERO (Kg)	PRESFUERZO (Kg)
LOSAS	33,650.31	7,705,920.07	-
TRABES	52,976.09	7,416,652.10	3,178,565.19
CABEZALES COLADOS EN SITU	5,731.78	1,074,574.08	-
CABEZALES PREFABRICADOS	4,177.92	590,976.00	78,796.80
PILAS	68,193.34	15,002,533.96	-
RIOSTRA	1,132.20	135,864.00	-
TOTAL	165,861.62	31,926,520.22	3,257,361.99

Nota: La localización y gestión de las autorizaciones en materia de Impacto Ambiental de las plantas de fabricación de traveses serán responsabilidad directa de la empresa encargada de la construcción del proyecto, por lo cual quedan fuera del alcance del presente estudio.

2.8.3. Energía y combustibles

La electricidad necesaria para el funcionamiento de algunos equipos como los de soldadura y alumbrado para las actividades de construcción y las zonas de uso común se abastecerá mediante plantas de luz portátiles de combustión interna. Se requerirá de un sistema de 2,500 watts. El voltaje será de 220 voltios.

El abastecimiento de combustible se realizará desde las estaciones de servicio ubicadas en la población localizadas cerca del puente, en los volúmenes requeridos por la propuesta Técnico Económica, una vez planteada en la licitación de la construcción. El volumen de combustible suministrado variará de acuerdo a la demanda de consumo durante el avance de la obra.

Los frentes de la obra se ubicarán en zonas urbanas en las que las áreas habitacionales se encuentran cercanas, situación por la cual es recomendable evitar el almacenamiento de combustibles estos se deberán adquirir en las estaciones más cercanas, para la adquisición de los combustibles para la operación de la maquinaria se utilizará un camión de tres y media toneladas (estacas) equipado con contenedores fijos (Tambos de 200 litros con tapa) y dispensador para el transporte de diésel y pequeñas cantidades de gasolina para algunos equipos, sólo se permitirá la compra de la cantidad necesaria para operar la maquinaria durante el día de labor.

El vehículo de manejo de los combustibles deberá contar con las normas de seguridad, siendo entre muchas de ellas, la señalización de ruta, control por medio de bitácora, contar con extintores, señalizaciones en los sitios de manejo momentáneo, depósitos de arena, rutas de escape en caso de incendio, equipo de protección personal para los operadores, etc.

2.8.4. Personal y equipo requeridos

Para el desarrollo de la obra se requerirá de un total de 200 empleados directos, entre obreros y profesionistas. Asimismo, se estima que se generarán empleos indirectos que aún no han sido estimados. Se consideran turnos dobles de trabajo para garantizar el avance durante el día y el trabajo simultaneo en 5 frentes de obra.

Para el desarrollo del proyecto se requerirá de maquinaria pesada de diversos tipos de acuerdo con la etapa de que se trate. La lista de equipo general se muestra a continuación:

- Chalanas
- Perforadora Soilmec o similar
- Lanzadora
- Grúas de 100 a 500 toneladas.
- Trascabos

- Bombas de concreto
- Ollas de concreto
- Camionetas pick up
- Lanchas o embarcaciones menores
- Camiones de volteo
- Rodillos o compactadores.
- Vehículos para bacheo

Esta lista es indicativa más no limitativa. El uso de maquinaria especial será necesario en la construcción del proyecto toda vez que parte de su ejecución se realizará sobre el lecho de la Laguna Nichupté, lo que implica un manejo cuidadoso de todas las operaciones que vayan a realizarse con la intención de asegurar la calidad en el manejo ambiental y reducir los efectos que estos procesos implicarán.

2.9. ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La principal actividad durante la operación del puente será el tránsito vehicular a una velocidad promedio de 80 km/h, con una circulación diaria estimada de 3,000 vehículos en promedio. La autopista operará las 24 horas los 365 días del año, salvo cuando se requiera mantenimiento mayor que precise el cierre de uno o los dos cuerpos de circulación, así como en casos de emergencias mayores.

Para este tipo de obras de infraestructura no se realizan programas de operación, al concluirse la obra se pone al servicio de los usuarios permaneciendo abierta sin restricciones de horario.

El mantenimiento (limpieza, señalización, etc.) se realizará en horas de baja demanda, para evitar accidentes y conflictos viales, con un horario de 23:00 a 6:00 hrs en sábados y domingos preferentemente. Eventualmente, en caso de ocurrencia de siniestros, se realizarán actividades fuera de los horarios y días propuestos.

Como labores de mantenimiento se realizarán la limpieza de la losa de rodamiento de concreto hidráulico y del derecho de vía; se sustituirán los señalamientos que lo requieran; se pintará el puente y se realizarán reencarpetado cuando se requiera.

Se implementará un Programa Mantenimiento que deberá revisarse cada año para mejorar su efectividad. Dicho programa se atenderá a los procedimientos establecidos por

la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para la conservación y mantenimiento de los puentes carreteros en México.

Por otra parte, se requerirá el uso de agua para el riego de áreas verdes u otras zonas de Usos Múltiples. Para el mantenimiento del camino y el alumbrado en las zonas donde se requiera, se transportarán cuadrillas de trabajo con su equipo en un camión para la recolección de basura y residuos generados durante la limpieza de la losa de rodamiento y drenes. En este sentido, se requerirá eventualmente de personal, vehículos y equipos para el mantenimiento menor o para la colocación y reposición de señales y pintura en la superficie de rodamiento.

Tabla 2. 25. Actividades y trabajos a realizar durante la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto.

Trabajos de Mantenimiento Rutinario	Actividades y Trabajos de Mantenimiento Periódico/Reconstrucción
PAVIMENTOS	
Limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos	Renivelaciones locales de pavimentos asfálticos
Sellado de grietas aisladas en carpeta asfáltica/hidráulica	Capas de rodadura
Bacheo superficial aislado	Carpeta asfáltica de granulometría densa
Bacheo profundo aislado	Fresado de la superficie de pavimentos asfálticos
Sellado de grietas y juntas en losas de concreto hidráulico	Recorte de carpetas asfálticas Construcción de losas de concreto hidráulico Reposición total o parcial de losas de concreto hidráulico Reparación de desconchaduras en losas de concreto hidráulico Estabilización de losas de concreto hidráulico Construcción de sub-bases o bases, hidráulicas o estabilizadas (construcción o reconstrucción) Sustitución del sello en juntas de losas de concreto hidráulico (incluye tira de respaldo o de relleno) Tratamiento superficial (anti-derrapante) para mejorar textura mediante el sistema capa asfáltica superficial altamente adherida. Demolición de losas de concreto hidráulico Perfilado y texturizado de la superficie de rodadura en pavimentos de concreto hidráulico Recuperación en frío de pavimentos asfálticos
DERRUMBES DE TALUDES	
Volumen ≤ 600 m3	Volumen >600 m3
ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	
Reparaciones parciales de malla de triple torsión	Instalación de malla de triple torsión
Instalación aislada de malla de triple torsión	Colocación de muro de malla en pie de talud
Colocación puntual de muro de malla en pie de talud	Colocación de concreto hidráulico
Colocación puntual de concreto hidráulico	Estabilización de taludes mediante sistema de anclaje
Colocación puntual de anclas	Excavación para disminuir el grado de inclinación del talud (abatimiento de taludes).

	Excavación para remoción de material para lograr menor inclinación Rehabilitación de muros tipo gavión Recubrimiento de taludes Colocación de concreto lanzado Amacice de taludes
ESTRUCTURAS	
Limpieza de calzada, juntas de dilatación, parapetos, drenes, estribos, pilas, y aleros	Calafateo de fisuras
Aplicación de pintura en elementos metálicos, parapetos y otros elementos	Reparación de grietas
Limpieza en zonas de circulación peatonal	Reparaciones y resanes en elementos de concreto
Limpieza de malla de protección	Reposición del sello en juntas de dilatación
Limpieza de parapeto metálico en la zona peatonal	Reparación de parapeto metálico en la zona peatonal
Aplicación de pintura en estructuras	Reparación de parapetos de concreto y banquetas
Limpieza de conos de derrame	Reposición de juntas de dilatación
Aplicación de pintura en conos de derrame	Reparación y/o reposición de apoyos
Deshierbe en conos de derrame	Rehabilitación de calzada Demolición de estructuras Reconstrucción de estructuras Reconstrucción de guarniciones que delimiten carriles de circulación Reconstrucción de guarniciones en zonas de circulación peatonal Restitución de apoyos de neopreno Reconstrucción de conos de derrame
DRENAJE	
Limpieza y desazolve de elementos de drenaje (cunetas, contracunetas, canales, canalizaciones, alcantarillas, colectores, lavaderos, registros, subdrenes y obras especiales de control y protección)	Construcción de obras de drenaje Reparación de cunetas y contracunetas
Reparaciones menores de elementos de drenaje (cunetas, contracunetas, canales, canalizaciones, alcantarillas, colectores, lavaderos, bordillos, guarniciones, registros, subdrenes y geodrenes)	Reparación de canales
Aplicación de pintura en cunetas, lavaderos y bordillos	Reparación de alcantarillas Reparación de colectores Reparación de lavaderos
Limpieza y desazolve de canales de entrada y salida	Reposición de bordillos y reparación de guarniciones Reparación de registros Reposición aislada de subdrenes y geodrenes Reparación mayor de cunetas y contracunetas (reposición de tramos) Reparación de canales (reconstrucción de canales) Reparación mayor de alcantarillas (reconstrucción de alcantarillas) Reposición de subdrenes y geodrenes Reparación de elementos de mampostería Reparación de elementos de concreto hidráulico
SEÑALAMIENTOS Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	
Reposición de marcas en el pavimento	Reposición del Cercado del Derecho de Vía
Limpieza (vialetas, botones, señales verticales, defensas, barreras centrales)	Reparación de barreras de concreto
Reparaciones puntuales del cercado del Derecho de Vía	Reposición total de vialetas y botones Reposición de ménsulas reflejantes

	Reposición total de señalamiento vertical bajo y elevado Reposición total de defensa metálica Reposición total de barreras centrales de concreto hidráulico Reposición de malla antideslumbrante Reposición parcial de defensa metálica Reposición aislada de vialetas y botones Reposición aislada de señalamiento vertical bajo y elevado Reposición de indicadores de alineamiento Reposición y reparación de dispositivos diversos Renivelación de defensa metálica Reposición de terminales de amortiguamiento Reposición de amortiguadores de impacto en bifurcación
OBRAS MARGINALES	
Reparación menor de tritubos para fibra óptica	Reposición de tritubos para fibra óptica
Reparación menor de registros de tritubos para fibra óptica	Reposición de registros de tritubos para fibra óptica
Limpieza de registros de tritubos para fibra óptica	
ILUMINACIÓN VIAL	
Limpieza de luminarias (postes, elementos de soporte)	Reposición total de luminaria (poste y foco)
Reparación de elementos de sujeción	Revisión eléctrica del sistema de iluminación vial
Aplicación de pintura en luminarias	Reconstrucción de base para colocación de luminaria
Reparación de instalación eléctrica	Reposición de paneles solares (si aplica)
Reposición de luminarias	Reposición de baterías Reconstrucción de registros

2.10. ETAPA DE DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO

Con base a la estimación de vida útil del proyecto, se presentará un programa de desmantelamiento y abandono que incluya los procedimientos, manejo y destino de materiales y equipos y los programas de rehabilitación o restauración de los sitios y accesos temporales.

En esta fase se deben considerar las acciones ambientales planteadas como medidas de mitigación y que continuarán ejecutándose después de concluida la vida útil del proyecto.

2.11. DESMANTELAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE APOYO.

Consistirá en el retiro de los señalamientos provisionales, cercados, barreras viales, bodegas y casetas de vigilancia desmontables, oficinas móviles, etc., una vez terminada la obra, estará en condiciones de operar de manera inmediata y de forma permanente.

Todos los materiales y equipos de apoyo de la obra son reutilizables por lo que las empresas constructoras, las empresas de arrendamiento de los equipos, la promotora y otras retirarán todos los elementos de esta infraestructura.

2.12. GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

2.12.1. Residuos generados

Durante el proceso de preparación del sitio y construcción de la obra de la autopista se habrán de generar residuos de diversas características. Los residuos generados están constituidos generalmente por un conjunto de fragmentos o restos de tabiques, piedras, tierra, concreto, morteros, madera, alambre, resina, plásticos, yeso, cal, y varillas principalmente.

La Tabla 2. 26 presenta una clasificación de los residuos que se generan de manera común en las obras de construcción.

Tabla 2. 26. Clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

Grupo	Subproducto
Material de Excavación	Material para relleno
Concreto	Concreto: Bases hidráulicas Concreto hidráulicos Arena,
Elementos mezclados, prefabricados y pétreos	Piedra, Block-Tabique Tabicones Mortero-Adoquines Tubos de Albañal Mamposterías Tabiques
Otros	Yeso Muro falso Madera Cerámica Plástico Metales Lámina Vidrios Papel y cartón
RSU	RSU
Residuos Orgánicos producto de despalme	Hojas, ramas, troncos y raíces

Si bien dentro de la obra se generan Residuos Sólidos Urbanos (RSU), como parte de las actividades que se realizan, éstos no se consideran parte de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), por lo que no deberán mezclarse. El promovente deberá cumplir por lo tanto con los ordenamientos en materia municipal para la separación, transporte y disposición en un relleno sanitario de estos residuos (RSU) y disposiciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Los residuos por actividades de despalme, se consideran incidentalmente relacionados con los que se generan como producto de la actividad de la construcción ya que estos se generan en los trabajos preliminares para el acondicionamiento de terrenos, sin embargo, no son parte de los RCD.

El aprovechamiento de los residuos, dependerá de la correcta separación de los mismos, en la Tabla 2. 27 se presenta un listado a modo de propuesta de los tipos de usos que se pueden dar a los residuos con base a la clasificación que se propuso en la Tabla 2. 26.

Tabla 2. 27. Identificación de usos propuestos de los RCD. Fuente: CMIC, 2013.

Residuo	Material Reciclado	Aplicación
Escombros mezclados de concretos y morteros	Agregado reciclado	Bases hidráulicas en caminos y estacionamientos. Concretos hidráulicos.
Escombros mezclados	Material firme	Terraplenes
Residuos de concreto	Grava y arena reciclada	Firmes de concreto Construcción de muros
Carpeta hidráulica	Reciclado en frío	Base hidráulica y base negra

El generador de residuos de la construcción, así como los distintos prestadores de servicios que intervengan en su manejo hasta la disposición final, son responsables solidarios de tales actividades. El depósito de RCD debe realizarse fuera de las áreas de conservación y acopiarse en sitios cercanos debidamente delimitados y autorizados para el efecto.

Para evitar los efectos adversos por las prácticas descritas anteriormente es necesario realizar sistemáticamente procedimientos de manejo que por una parte eviten tales efectos y por otra buscar el aprovechamiento óptimo de algunos de los materiales generados que pueden ser aprovechados de forma racional.

Los generadores de residuos tienen y adquieren responsabilidades con relación al manejo y disposición de los mismos por volumen de residuos producido.

2.12.2. Residuos peligrosos

Durante el proceso de construcción generarán algunos residuos de los considerados como peligrosos. La constructora deberá darse de alta como pequeña generadora ante la SEMARNAT, realizando el manejo y almacenamiento temporal en obra de estos residuos,

de acuerdo a lo que establece la legislación y normatividad vigente en la materia, asimismo los residuos los deberá entregar -previa contratación- a una empresa especializada para su tratamiento y disposición o confinamiento final.

Los residuos y materiales peligrosos serán almacenados al inicio y al final de cada una de las secciones, previo al inicio de obra se harán llegar los planos de ubicación de los almacenes y en cada uno de los sitios de almacenamiento se tendrá disponible un kit con los materiales para la contención de contingencias en función del volumen y el tipo de material.

El carácter de peligrosos de los residuos de construcción, puede deberse a causas diferentes, como son:

Que los materiales utilizados originalmente contuviesen proporciones altas de materiales que eran por sí peligrosos, como los fibrocementos, el plomo, los alquitranes y residuos de preservantes, adhesivos, colas y sellantes y ciertos plásticos.

Algunos corrientes de RCD se convierten en peligrosos si materiales peligrosos se dejan en ellos y se mezclan con ellos. Este es el caso de envases de pinturas arrojados al acopio de ladrillos y hormigón, convirtiendo a todo el apilamiento en peligroso.

El tipo de estructura y la época en que fue construida son los factores que más influyen en la presencia de residuos peligrosos, tanto en cantidad como en su tipología.

Se prevé la generación de: latas o recipientes de plástico (con residuos de pintura, solventes, aceites o lubricantes, anticongelantes, etc.); papel, cartón, estopas y plásticos impregnados con grasas y aceites; filtros para aceite, aceite o combustible de las máquinas, baterías para internas o aparatos eléctricos, etc. Estos residuos se consideran como peligrosos de acuerdo con: el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y las normas NOM-052-SEMARNAT-2005, y NOM-053-SEMARNAT-1993. Estos residuos serán recolectados y dispuestos en tambos metálicos de 200 litros para su posterior traslado a un sitio de disposición final, tarea que será realizada mediante la contratación de una empresa autorizada para tal fin, misma que elaborará los manifiestos y la documentación correspondientes.

Se destinará un área específica para el acopio de los residuos peligrosos, los cuales no deberán permanecer en la obra por un tiempo mayor a una semana, la capacidad del sitio

de almacenamiento temporal en la obra deberá ser suficiente para contener los materiales colectados durante 2 semanas, Se estima que con una superficie de 100 m² podrá cubrirse este requerimiento. El sitio de almacenamiento temporal se ubicara en zona urbana y deberá contar con acceso restringido, estar confinado con malla ciclónica, deberá tener piso de cemento con guarnición para evitar escurrimiento y dispersión de materiales.

En todas las áreas del proyecto quedará estrictamente prohibido el mantenimiento de la maquinaria de construcción, equipos y vehículos de transporte, solo se permitirá la reparación de emergencia. Las actividades de mantenimiento y cambios de aceite deberán ser realizados en los talleres de la constructora o en talleres especializados.

Para el acceso a los sitios de trabajo la maquinaria de cualquier tipo deberá pasar por un proceso de supervisión para evitar derrames de aceites y combustibles, mismas que deberán quedar asentadas en una bitácora.

En cualquier caso, la generación de residuos peligrosos será mínima. Estos residuos serán de materiales de operación o de mantenimiento de maquinaria, mismos que desde su generación se les proporcionará el manejo adecuado de acuerdo a la legislación vigente antes mencionada. La empresa constructora a través del responsable de obra dará seguimiento a la gestión de residuos peligrosos.

Por otro lado, debido a la carga de contaminantes identificados en los sedimentos de la laguna, los lodos que se extraigan del proceso de perforación para el colado de la pilas, deberá ser tratado como un residuos peligroso. Por lo que su manejo deberá realizarse por una empresa acreditada. Su cumplimiento se vigilará a través del Progrma de Manejo Integral de Residuos y en particular por el Subprograma de Manejo Integral de Residuos Peligrosos.

2.12.3. Emisiones a la atmósfera

Es muy probable que durante las etapas de preparación y construcción se generen polvos en casi todas las actividades, los cuales eventualmente serán dispersados por el viento y depositados en los alrededores. Para atenuar los efectos negativos al ambiente de lo anterior, se recomienda la aplicación de riegos sobre los caminos y áreas de excavación o movimiento de tierras. Además, los camiones que trasladen material deberán estar cubiertos para evitar la dispersión del material.

Por otra parte, durante las etapas de preparación y construcción, se emitirán gases contaminantes a la atmosfera debido a la circulación de vehículos automotores y maquinaria de construcción, sin embargo el volumen generado durante esta etapa será muy pequeño y se dispersará rápidamente gracias al viento.

Respecto a las emisiones de la atmósfera, estas estarán dentro de las normas correspondientes, debido a que los vehículos y maquinaria que se utilizarán cuentan con las verificaciones de emisiones correspondientes, de acuerdo a la NOM-041-SEMARNAT-1996, que establece los límites permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores con circulación que usan gasolina como combustible, la NOM-045-SEMARNAT-1996, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible (Tabla 2. 28).

Tabla 2. 28. Componentes de emisiones a la atmósfera en carreteras en operación.

Componente	Descripción
Óxido de carbono	El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro que resulta de la combustión incompleta de combustibles fósiles. La mayor proporción del CO emitido en áreas urbanas es generada por los vehículos automotores.
Óxidos de nitrógeno	El término óxidos de nitrógeno (NO _x) es un concepto amplio que incluye al monóxido de nitrógeno (NO), al bióxido de nitrógeno (NO ₂) y a otros óxidos de nitrógeno menos comunes. En general, estos compuestos se forman durante los procesos de combustión de los combustibles, son precursores del ozono y normalmente son eliminados de la atmósfera por procesos de deposición seca y húmeda. La formación del NO _x depende del contenido de nitrógeno en el combustible, y puede constituir hasta el 50% de las emisiones de NO _x en combustibles con alto contenido de nitrógeno; principalmente el carbón y los combustibles pesados, como el diésel.
Óxidos de azufre	El término óxidos de azufre (SO _x) se refiere al bióxido de azufre (SO ₂) y a otros óxidos de este elemento. El SO ₂ es un gas incoloro de fuerte olor, que se forma por la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre. La magnitud de las emisiones de SO _x de las fuentes de combustión depende del contenido de azufre en el combustible utilizado, que principalmente es el diésel.
Compuestos orgánicos volátiles	Los compuestos orgánicos son emitidos a la atmósfera por diversas fuentes. Sin embargo, existe la consideración general de que los compuestos orgánicos son emitidos, principalmente, por fuentes de combustión o de evaporación. En conjunto, los gases considerados en las emisiones de hidrocarburos son conocidos como compuestos orgánicos totales (COT). Para el contexto de la calidad del aire, estos son manejados como los Hidrocarburos (HC) emitidos por la quema incompleta del combustible. Este concepto incluye a todos los compuestos carbonados excepto los carbonatos, carburos metálicos, monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO ₂) y ácido carbónico.
Partículas suspendidas	El término partículas suspendidas o material particulado (PM) se refiere a cualquier partícula sólida o líquida de hollín, polvo, aerosoles, humos y

Componente	Descripción
	nieblas. Algunas clasificaciones del PM incluyen partículas totales, partículas primarias y secundarias, partículas suspendidas totales (PST), partículas suspendidas (PS), partículas con diámetro aerodinámico menor que 10 micras (PM10), partículas con diámetro aerodinámico menor que 2.5 micras (PM2.5), así como partículas filtrables y condensables. Las partículas primarias incluyen a los materiales sólidos, líquidos gaseosos emitidos directamente por las fuentes de emisión y que pueden mantenerse en la atmósfera como partículas en condiciones ambientales de temperatura y presión. Las partículas secundarias son aerosoles formados a partir de material gaseoso a través de reacciones químicas atmosféricas.

Durante la etapa de operación se espera que los principales componentes por generación de emisiones a la atmosfera sean muy similares a los de una carretera durante la etapa de operación. El tránsito vehicular en el tramo implicará la emisión de bióxido de azufre, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos y partículas suspendidas.

No es posible determinar un volumen aproximado de emisiones a la atmósfera (y en consecuencia, de los Gases de Efecto Invernadero) debido a que esto depende de diversos factores que difieren considerablemente a lo largo del año y del día, así como entre un vehículo y otro, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Densidad del flujo vehicular.
- Tipo de combustible (gasolina o diésel).
- Calidad del combustible (Premium, magna o diésel).
- Cilindrada y estado de desgaste de los motores.
- Aceite quemado por efecto de desperfectos mecánicos y falta de mantenimiento.

Por otra parte, la dispersión de los contaminantes también variará dependiendo de los siguientes factores:

- Velocidad del viento.
- Temperatura atmosférica.
- Humedad relativa.
- Forma y tamaño del espacio al cual son emitidos.
- Concentración inicial del contaminante.

En conclusión, se prevé que en el área de estudio las emisiones vehiculares contaminantes no alcanzarán una concentración importante en la atmosfera ya que las condiciones

atmosféricas prevalecientes son suficientes para dispersar las emisiones al medio, que cuenta con un fuerte valor de resiliencia para soportar el impacto.

2.12.4. Residuos sólidos

Inicialmente se generarán residuos de origen vegetal constituidos principalmente por restos de desmonte. Los residuos orgánicos, productos del desmonte (maderables), se podrán donar a la población más cercana con el objeto de que los aprovechen, mientras que los residuos producto de despalme que conserven características adecuadas se ocuparán en etapas posteriores de la construcción de la obra para recubrir áreas minimizando afectaciones en el entorno paisajístico que estarán diseñadas para el mejoramiento del suelo y reforestación.

2.12.4.1. Residuos sólidos urbanos

Los residuos sólidos urbanos producidos por los trabajadores en la obra (residuos domésticos) serán principalmente papel, empaques de cartón, bolsas y envases de plástico, latas de fierro y aluminio, vidrio y residuos orgánicos. Estos residuos se dispondrán en contenedores de 200 litros rotulados y con tapa en cantidad suficiente, distribuidos en las zonas de obra de mayor concurrencia. Este tipo de residuos se almacenarán temporalmente en las plataformas de maniobra, disponiéndolos semanalmente en algún basurero municipal autorizado. Considerando una generación per cápita de residuos de 0.45 kg/persona/día, se estima que los desechos domésticos que se generarán sumarán aproximadamente 104,328 kg en el lapso del tiempo que durará la construcción del proyecto.

En la etapa de operación se podrán generar residuos sólidos urbanos dejados por los usuarios del proyecto. Consistirán principalmente en fragmentos de papel, latas de aluminio, restos de alimentos y bolsas de plástico y serán recogidos periódicamente y dispuestos según las autoridades lo establezcan.

2.12.4.2. Residuos líquidos

La principal fuente generadora de residuos líquidos no peligrosos del proyecto será el consumo humano. La cual tiene 3 usos diferentes:

La utilizada para beber (agua potable, 3 l/día/humano).

La requerida para la higiene. Ésta tendrá un manejo especial por parte de la empresa especializada en la recolección y disposición de residuos.

La generada por el manejo de excretas: En los frentes de obra se instalarán sanitarios portátiles a razón de 1 sanitario por cada 15 trabajadores para dar satisfacción a la demanda de los empleados y la empresa que provea el servicio, deberá hacerse cargo de brindar un constante mantenimiento a estos equipos. De acuerdo a lo anterior no se prevé el uso de alguna planta o sistema de tratamiento de aguas residuales en el sitio.

Drenaje superficial: se contempla la construcción de pendientes adecuadas para desalojar el agua de la losa de rodamiento, así como las obras complementarias de drenaje como alcantarillas, bordillos y cunetas convencionales.

Además de lo anterior, la obra como tal en operación no tendrá descargas de aguas residuales.

Asimismo, en caso de que sea necesario el vertimiento de aguas residuales a la red o drenaje municipal, se deberá implementar un sistema de tratamiento acorde al volumen generado con el objeto de cumplir con lo estipulado en la NOM-002- SEMARNAT-1996.

2.13. PREVENCIÓN Y MANEJO DE CONTINGENCIAS EN LA ZONA DEL PROYECTO

2.13.1. Protocolo de Atención a Contingencias Ambientales.

Se prevé el diseño de un Protocolo de Atención a Contingencias Ambientales a través de un convenio que conjunte a los tres órdenes de gobierno (Federal, Estatal y Municipal) y que integre acciones en pro de la conservación del SAR y los ecosistemas presentes en el mismo.

Este protocolo incluirá acciones de vigilancia, actores involucrados y acciones específicas a ejecutarse en caso de que se presenten alguna de las siguientes contingencias:

- Tormentas y Huracanes.
- Derrame accidental de combustibles.
- Medidas de seguridad y atención a emergencias durante la operación.
- Tala clandestina de manglar.

2.13.1.1. Tormentas y Huracanes.

En virtud de que la zona en donde se realizará el proyecto se encuentra expuesta a la incidencia de tormentas, huracanes e inundaciones en ciertas épocas del año, el Protocolo integrará acciones con base a lo que establezca Protección Civil y se deberá establecer un Plan de Contingencias de acuerdo con el CENECAM (Centro Estatal de Emergencias de Quintana Roo), en donde se describirán las acciones para la atención a emergencias y establecimiento de las brigadas que atenderán dichas acciones, así como los directorios telefónicos para la notificación y atención a emergencias.

En caso de presentarse alguna situación fortuita de derrame, tanto en suelo como en agua, se deberán implementar las acciones necesarias y adecuadas para revertir el posible daño ocasionado como parte del SGAS expuesto en el Capítulo 6 de este estudio.

2.13.1.2. Derrames accidentales de combustible

En todos los derrames menores o mayores, se deben considerar las siguientes fases para su control:

- Eliminar la causa del derrame.
- Controlar el área para evitar incendio.
- Recoger el producto y limpiar el área.
- Controlar la contaminación del medio ambiente.

En caso de presentarse derrame durante el abastecimiento de combustible para la maquinaria pesada o durante las maniobras requeridas para su almacenamiento en el frente de obra, se deberá seguir el siguiente procedimiento:

Acciones preventivas

Normas de almacenamiento, transporte y manipulación de productos químicos.

Disponibilidad de elementos para el control de derrames y/o fugas.

Garantizar la presencia de un extintor cerca del sitio donde se realiza el abastecimiento.

Verificar que no haya fuentes de ignición en los alrededores, tales como cigarrillos encendidos, llamas, etc.

Verificar el correcto acople de las mangueras.

Acciones durante el accidente

Desalojar y señalizar el área afectada.

De acuerdo a la magnitud del derrame, definir el área a controlar y suspender el tránsito de personal no autorizado.

No arrojar agua sobre el producto derramado.

Reportar inmediatamente cualquier derrame o contaminación de producto.

El derrame debe moverse rápidamente; cantidades pequeñas pueden ser recogidas con materiales absorbentes sintéticos, trapos, aserrín, arena, etc.

Cuando el volumen de producto derramado es considerable, se debe pasar este combustible a canecas de 55 galones ya sea con motobomba o en su defecto con baldes.

Cuando se trate de combustibles no-volátiles, use trapos, materiales absorbentes sintéticos, aserrín o arena para cantidades pequeñas.

2.13.1.3. Medidas de seguridad y planes de emergencia en la operación.

Para disminuir el riesgo de accidentes y debido a tránsito de vehículos pesados que circularan por el libramiento se prevé colocar barreras tipo TL6 o con características similares.

De acuerdo al tipo de actividad a realizar, se sabe que el siniestro de mayor probabilidad sería el accidente vial, ya sea por exceso de velocidad, por imprudencia o impericia de los conductores y en menor medida por falta o falla de la señalización permanente en la obra.

No se consideran los riesgos laborales por ser competencia de instancias diferentes a las ambientales por lo que quedan fuera del alcance del presente estudio.

Para garantizar la seguridad de los obreros y todo personal involucrado en la obra, se tomarán en cuenta y se respetarán las normas de seguridad y protección civil emitidas por el IMSS, por los gobiernos federal y estatal, y de todas las dependencias involucradas. Así mismo, se hará énfasis en los reglamentos de seguridad, higiene y medio ambiente, que utilizan habitualmente las constructoras civiles en todos sus proyectos.

De la misma manera, se tendrán presentes las rutas de evacuación, enfatizando rutas de traslado hacia zonas hospitalarias de personal involucrado en accidentes y que requieran de atención médica mayor. Por lo mismo, para eventos de accidentes menores, se deberá contar en cada uno de los frentes de trabajo con un equipo de primeros auxilios, siempre referenciado a las normas de calidad e higiene.

Entre las diversas medidas de seguridad, se presentarán las diferentes opciones de rutas, para traslados desde las zonas de prefabricación a los sitios de instalación de final de los elementos prefabricados. Misma situación se contemplará para seguir los trayectos hacia los bancos de tiro de escombros y relleno autorizados, se ocuparán las rutas en horas de baja demanda de tránsito y preferentemente en horas no hábiles. Todo ello servirá para controlar el movimiento bruto vehicular de obra, evitando provocar congestionamientos, y por ende, agilizar el tráfico en las rutas mencionadas, así como en las zonas aledañas a las obras.



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



CAPÍTULO 3

VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO

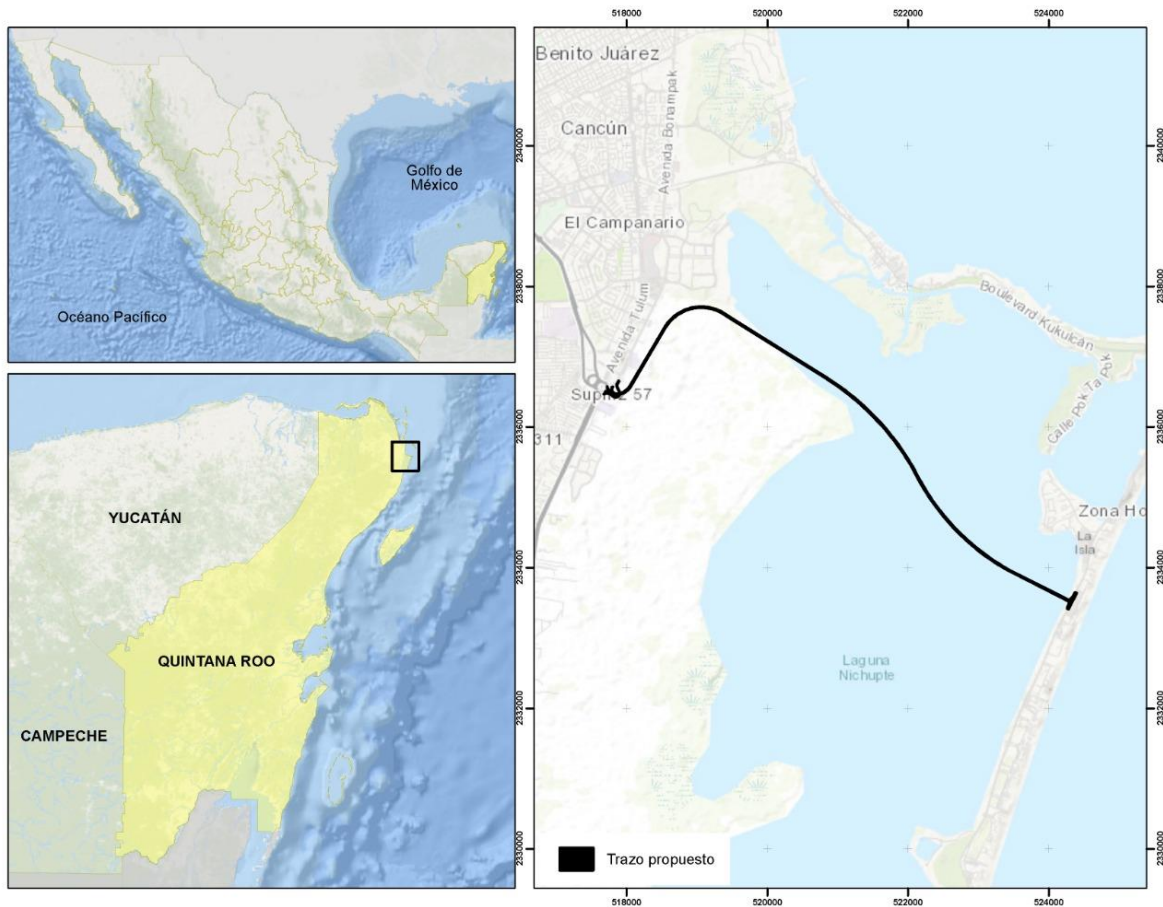
CAPÍTULO 3 . VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO

De conformidad con lo establecido en el artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental las manifestaciones de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberán de incluir la vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables. Por lo anterior, a continuación se enlistarán los ordenamientos jurídicos e instrumentos de planeación que se relacionan con el Proyecto, así como el cumplimiento que se dará a los mismos a través de la implementación de medidas.

3.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Como se menciona en apartados anteriores, el Proyecto consiste en el diseño, construcción, equipamiento, operación y mantenimiento de un puente vehicular elevado de 8.7 km sobre la Laguna Nichupté con la finalidad de unir el Boulevard Colosio con el Boulevard Kukulkán, el cual se integra por el distribuidor vial Kabah, a fin de mejorar la movilidad entre la zona hotelera y la ciudad de Cancún.

Figura 3. 1. Ubicación del Proyecto.



Las obras y actividades que engloban el Proyecto son relativas a una vialidad urbana construida sobre pilas, y considera un trazo irregular que incluye una sección terrestre y una sección acuática lagunar, que conectan la Zona Urbana con la Zona Hotelera de la ciudad de Cancún, Quintana Roo.

Los conceptos recién enlistados son descritos de manera detallada en el Capítulo 2 de la presente MIA-R.

Conforme a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (“LGEEPA”) y el REIA, el objetivo de este capítulo es analizar la vinculación y congruencia del Proyecto propuesto con los diferentes instrumentos de planeación y política ambiental de carácter Federal, Estatal y Municipal que resultan aplicables al predio de acuerdo a su ubicación geográfica. Entre los instrumentos analizados se encuentran los siguientes:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

- Tratados Internacionales.
 - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
 - Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- Leyes Generales y Federales, así como sus respectivos Reglamentos, incluyendo:
 - Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y sus Reglamentos en materia de: (i) Evaluación del Impacto Ambiental; y (ii) Áreas Naturales Protegidas, entre otros.
 - Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento.
 - Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento.
 - Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento.
 - Ley General de Cambio Climático y su Reglamento.
 - Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.
 - Ley General de Bienes Nacionales.
 - Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.
 - Ley de Vertimientos a Zonas Marinas Federales.
 - Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
 - Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.
- Leyes y Reglamentos Estatales.
 - Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo y sus reglamentos aplicables.
 - Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo.
- Instrumentos de Ordenamiento Ecológico.
 - Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).
 - Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMMyMC)
 - Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Benito Juárez (POEL-BJ).
- Planes y Programas de Desarrollo Urbano.

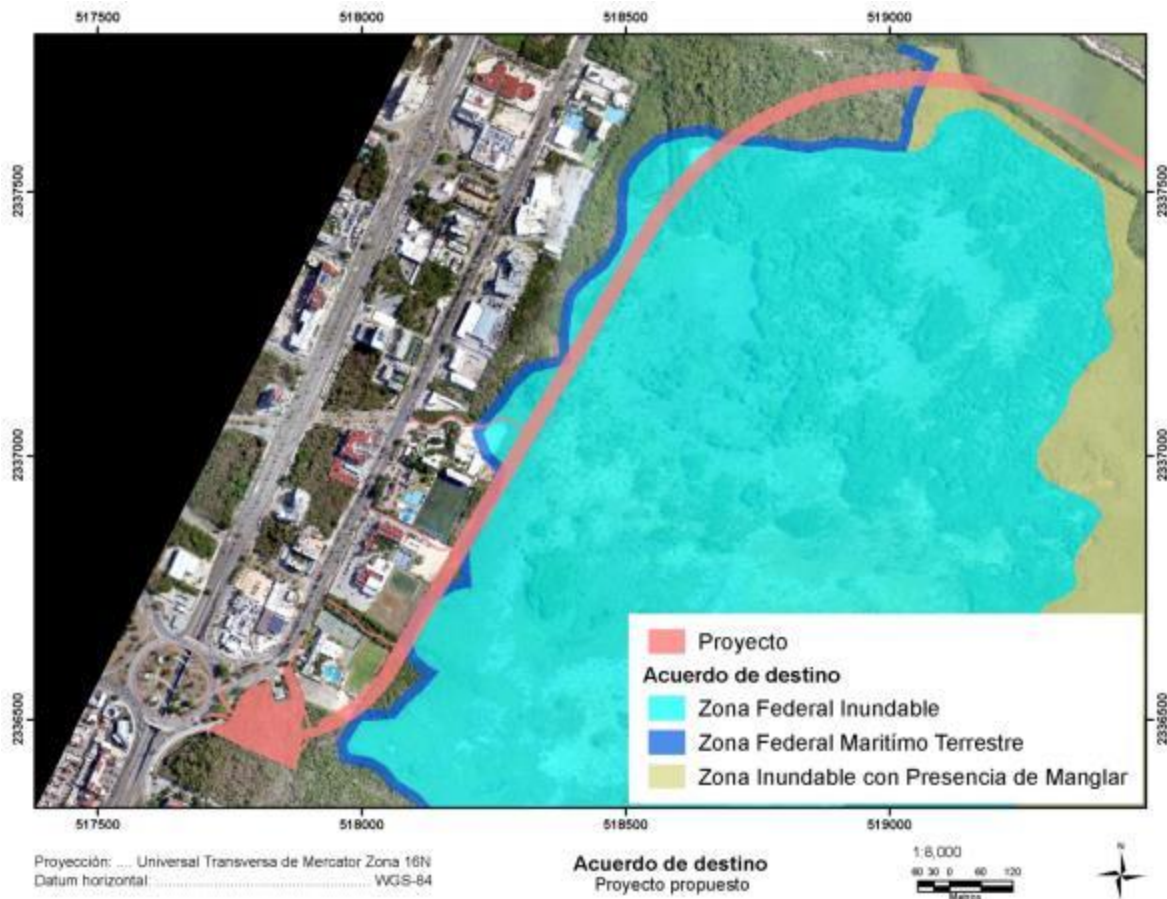
- Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030.
- Áreas Naturales Protegidas.
 - Decreto por el que se declara área natural protegida, con la categoría de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Manglares de Nichupté, localizada en el Municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo.
 - Acuerdo por el que se da a conocer el Resumen del Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté.
- Normas Oficiales Mexicanas.
 - NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
 - NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
 - NOM-162-SEMARNAT-2012, Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación.

3.2 TRÁMITES ADMINISTRATIVOS

3.2.1 Acuerdo de Destino

Si bien no constituye un impedimento jurídico para la emisión de la Autorización de Impacto Ambiental del Proyecto solicitada mediante la presente Manifestación, el trazo propuesto para el Proyecto traslapa mínimamente y solo en ciertas secciones el polígono del Acuerdo de Destino publicado en el Diario Oficial de la Federación por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (“SEMARNAT”) el 5 de diciembre de 2016 sobre una superficie de 33’227,012 m² de playa marítima y zona federal marítimo terrestre (“ZOFEMAT”) en el área de la Laguna de Nichupté, Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo (el “Acuerdo de Destino Nichupté”), otorgado a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (la “CONANP”) como institución destinataria para un uso de “protección”, conforme a la siguiente figura:

Figura 3. 2. Sobreposición del Proyecto con el Acuerdo de Destino.



No obstante lo anterior, existen alternativas legales para ocupar dichas secciones por la promovente para el desarrollo del Proyecto (mismas que actualmente se están definiendo con la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre - “Dirección ZOFEMAT - y la CONANP), a través de la implementación de alguna de las alternativas legales siguientes:

- a. Puesta a disposición de áreas. Con base en el artículo 68¹ de la Ley General de Bienes Nacionales (“LGBN”), la CONANP está facultada para poner a disposición de la Dirección ZOFEMAT de la SEMARNAT las secciones del polígono del Acuerdo de Destino Nichupté (en su carácter de inmueble federal) que ya no se utilicen o bien, que requieran un uso de destino distinto al autorizado.

Para ello, la CONANP podría notificar a la Dirección ZOFEMAT la disposición de las áreas y entregar a la SEMARNAT información de las mismas relativa a su situación física, jurídica y administrativa. Una vez entregada la información, dentro de los 15 días siguientes, la Dirección ZOFEMAT podrá solicitar información adicional a la CONANP; de lo contrario, se entenderá que han recibido de conformidad el inmueble puesto a su disposición.

Dicha puesta a disposición deberá ser registrada en el Registro Público de la Propiedad Federal, por lo que la Dirección ZOFEMAT tendría que emitir una conformidad de puesta a disposición de las áreas del Acuerdo de Destino Nichupté antes mencionadas.

¹ ARTÍCULO 68.- En caso de que las instituciones destinatarias no requieran usar la totalidad del

En este supuesto, la institución destinataria respectiva proporcionará a la Secretaría o a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, según corresponda, la información de que se disponga respecto del inmueble, conforme a los lineamientos que esas dependencias emitan. En todo caso, dicha información será la necesaria para determinar la situación física, jurídica y administrativa del bien.

La Secretaría o, en su caso, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, dentro de los quince días siguientes a la fecha en que se ponga a disposición el inmueble de que se trate, podrá solicitar a la institución destinataria correspondiente cualquier otra información que razonablemente pudiera obtener.

Si no hubiere requerimiento de información adicional, vencido el plazo señalado en el párrafo anterior, se entenderá que la Secretaría o la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, según sea el caso, han recibido de conformidad el inmueble puesto a su disposición.

En relación con lo anterior, conforme a las fracciones XIV y XV del artículo 42 de la LGBN, la puesta a disposición referida deberá inscribirse en el Registro previa solicitud conjunta de la Dirección ZOFEMAT y la CONANP en la sección de “Gravámenes y Limitaciones” del asiento del registro del Acuerdo de Destino Nichupté original.²

Realizado lo anterior, la Dirección ZOFEMAT estaría en posibilidad de conceder a la promovente el uso de dichas áreas para la consecución del Proyecto, previa solicitud del Acuerdo de Destino correspondiente.³ Para ello, la promovente solicitaría a la Dirección ZOFEMAT un nuevo Acuerdo de Destino para uso de infraestructura y protección. Una vez otorgado, el Acuerdo de Destino mencionado tendría que publicarse en el Diario Oficial de la Federación estableciendo como institución destinataria a la promovente y haciendo referencia expresa en la sección de antecedentes a la puesta a disposición de dichas áreas por parte de la CONANP.

b. Asignación de Áreas por parte de la CONANP.

Con base en el artículo 64 párrafo segundo⁴ de la LGBN, la SEMARNAT se encuentra facultada para autorizar a la CONANP la asignación de secciones del polígono que comprende el Acuerdo de Destino Nichupté a instituciones públicas, tales como la promovente; lo anterior, para promoción de desarrollo estatal y regional

² ARTÍCULO 42.- Se inscribirán en el Registro Público de la Propiedad Federal: (...)

XIII.- Los acuerdos que destinen al servicio público o al uso común los terrenos ganados al mar, a los ríos, lagos, lagunas, esteros y demás corrientes de aguas nacionales;

XIV.- Los acuerdos administrativos que destinen inmuebles federales;

³ Es necesario determinar de manera definitiva quién fungirá como el solicitante de la ocupación de dichas áreas, si la Agencia o bien alguna persona moral de carácter privado, toda vez que de ser ésta última, la ocupación de las áreas del Proyecto tendrían que otorgarse por la SEMARNAT a través de una concesión.

⁴ ARTÍCULO 64.- La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales respecto de los inmuebles federales de su competencia, podrá autorizar a las instituciones destinatarias a asignar el uso de espacios a otras instituciones públicas, así como autorizar a las dependencias destinatarias que celebren acuerdos de coordinación con los gobiernos estatales para que, en el marco de la descentralización de funciones a favor de los gobiernos de los estados, transfieran a éstos el uso de inmuebles federales con fines de promoción del desarrollo estatal o regional. En estos casos, los beneficiarios del uso de los inmuebles federales asumirán los costos inherentes al uso y conservación del bien de que se trate.

(incluyendo el Proyecto), ya sea de manera directa, o bien a través de un Acuerdo de Coordinación con el Gobierno de Quintana Roo.

Una vez asignada dicha ocupación, se requeriría llevar a cabo el cambio de uso de las áreas del polígono del Acuerdo de Destino requeridas para el nuevo trazo del Proyecto. Al respecto, el artículo 67⁵ de la LGBN establece que las instituciones destinatarias de inmuebles federales (en este caso, la CONANP) pueden solicitar a la SEMARNAT la autorización para el cambio de uso del inmueble respectivo. Asimismo, establece que para el caso de Acuerdos de Destino que ocupen total o parcialmente áreas naturales protegidas como es el caso de la Laguna Nichupté, una vez autorizado, dicho cambio de uso tendría que ser informado por la SEMARNAT a la Secretaría de la Función Pública, justificando plenamente dicho cambio de uso desde el punto de vista ambiental y de ordenamiento económico en términos del Proyecto tomando en consideración: (i) las características del bien; (ii) el plano topográfico correspondiente; (iii) la constancia de uso de suelo; y (iv) el uso para el que se requiere y es publicable en el Diario Oficial de la Federación, con base en la LGBN.

Como se describe en siguientes secciones, así como en los capítulos que conforman esta MIA-R, los impactos ambientales previstos son mínimos y se han desarrollado medidas suficientes para compensarlos, minimizarlos y mitigarlos, incluyendo la donación a la SEMARNAT de ciertas áreas bajo la administración de la AGEPRO que sobrepasarían con creces la disposición o asignación por parte de la CONANP de aquéllas requeridas para la ejecución del Proyecto.

3.2.2 PARQUE CANCÚN

Se reitera que la promovente se encuentra analizando en conjunto con la SEMARNAT la mejor alternativa entre las antes mencionadas, sin que su resolución afecte el

⁵ ARTÍCULO 67.- Para cambiar el uso de los inmuebles destinados, las instituciones destinatarias deberán solicitarlo a la Secretaría o a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, según corresponda, las que podrán en el ámbito de sus respectivas competencias, autorizar el cambio de uso, considerando las razones que para ello se le expongan, así como los aspectos señalados en el artículo 62 de esta Ley.

Para el caso de los inmuebles destinados a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales que formen parte de las áreas naturales protegidas federales, esa dependencia podrá cambiar el uso de los inmuebles destinados sin que se necesite autorización de la Secretaría. En este supuesto, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales deberá informar a la Secretaría de los cambios de uso que realice.

procedimiento de evaluación del impacto ambiental del Proyecto siendo que legalmente, no se requiere probar la legal propiedad o posesión de las áreas a afectar por el trazo del Proyecto para dichos efectos.

Con fecha 3 de octubre de 2016, la SEMARNAT emitió la Autorización de Impacto Ambiental No. SGPA/DGIRA/DG/07408 (la “AIA Cancún”) a nombre de la CONANP para el desarrollo de un proyecto en el Área Natural Protegida Manglares Nichupté (la “ANP Nichupté”) con carácter de área de protección de flora y fauna, consistente en la construcción de un centro operativo del ANP mencionada que incluye la construcción de vías generales de comunicación y el cambio de uso de suelo de 9.22 has. De vegetación primaria (el “Parque Cancún”).

Al respecto, una sección del Parque Cancún se desarrolló dentro del ANP Nichupté, creada mediante el “Decreto por el que se declara área natural protegida, con la categoría de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Manglares de Nichupté, localizada en el Municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26 de febrero de 2008” (el “Decreto Nichupté”)⁶.

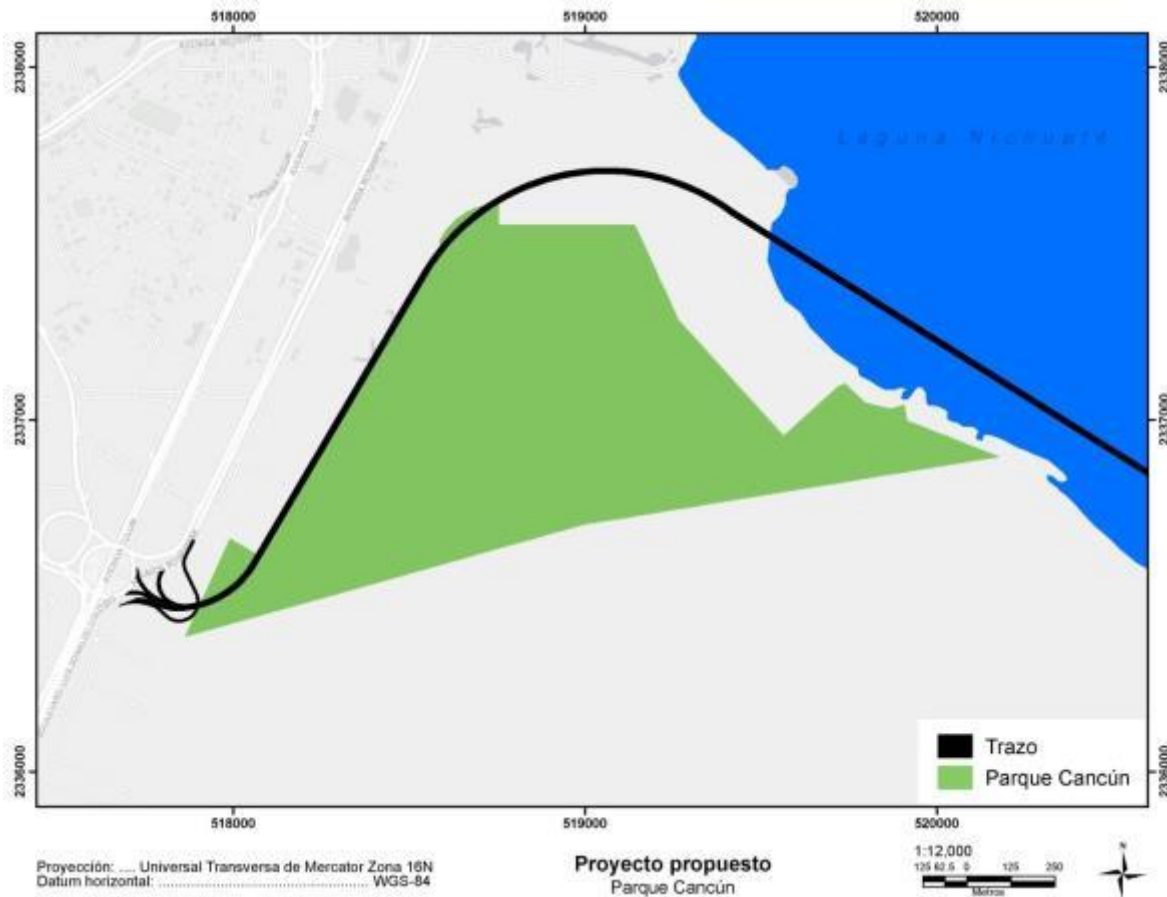
Con fecha 20 de julio de 2017, la SEMARNAT autorizó mediante Oficio No. SGAP/DGIRA/DG/06431 el cambio de titularidad de la AIA Cancún en favor de la asociación civil Patronato Ecopark Cancún, A.C. (el “Patronato”).

Asimismo, con fecha 30 de marzo de 2021, mediante Oficio No. DCM/0888/2021 el Ayuntamiento de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo notificó al Patronato la rectificación de las hectáreas donadas por el FONATUR en favor del Ayuntamiento, quedando en 106-27-27.04 hectáreas, de las cuales, algunas se encontraban ubicadas dentro del polígono de la AIA Cancún.

Por lo que se refiere al Proyecto, éste se desarrollará en el polígono norte del Parque Cancún, el cual no se encuentra ubicado dentro del ANP Nichupté (en consecuencia, las prohibiciones del Decreto Nichupté, tales como el cambiar el uso del suelo forestal o construir vías de comunicación en general, no le son aplicables) y se ha confirmado que una sección del trazo del Proyecto se traslapa con el Parque Cancún, conforme a la figura siguiente:

⁶ Al respecto, el Decreto Nichupté establece que los terrenos nacionales ubicados dentro del área de protección de flora y fauna Manglares de Nichupté, la SEMARNAT quedarán a cargo de su administración, no pudiendo dárseles otro destino que aquéllos que resulten compatibles con la conservación y protección de los ecosistemas.

Figura 3. 3. Superficie del Proyecto sobrepuesta con el proyecto 'Parque Cancún'.



No obstante lo anterior, la sección de traslape mencionada no cuenta con desarrollo alguno ni se pretende implementar por el Patronato. Por lo anterior, con fecha 14 de septiembre de 2021, el Patronato presentó ante la DGIRA la solicitud de modificación de la AIA Cancún (quedando registrada bajo la Bitácora No. 23/DG-0062/09/21) en términos de eliminar de su polígono la rectificación de áreas ordenada por el Ayuntamiento y aquéllas áreas en donde no pretende llevar a cabo obras o actividades, entre ellas, las correspondientes al traslape del trazo del Proyecto. Con lo anterior, se materializará la reducción de áreas establecidas en la AIA Cancún a fin de que éstas puedan ser consideradas como parte del polígono de influencia del Proyecto a evaluarse en materia de impacto ambiental bajo la presente Manifestación.

Con lo anterior en consideración, el 14 de octubre del presente año, la DGIRA resolvió la Modificación al Proyecto Autorizado a través del resolutivo no. SGPA/DGIRA/DG-05091-21, mediante el cual se establece autorizar la modificación consistente en el ajuste de la

superficie del polígono originalmente autorizado, por lo que se eliminaron tres polígonos que en su conjunto suman la superficie de 20,818.29 m².

3.2.3 USO Y APROVECHAMIENTO DE ZOFEMAT Y FONDO DE LA LAGUNA NICHUPTÉ.

a. Construcción sobre la Laguna Nichupté.

De conformidad con la Declaratoria de propiedad nacional publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de octubre de 1992, la Laguna Nichupté es considerada propiedad nacional, por lo que, con base en el artículo 113⁷ de la Ley de Aguas Nacionales, su explotación, uso o aprovechamiento deberá hacerse mediante concesión que otorgue la Comisión Nacional del Agua ("CONAGUA"); en este sentido, con base en el artículo 118⁸ de la mencionada Ley, las obras y actividades relativas al Proyecto requerirán de la obtención de un Título de Concesión (incluyendo el permiso de construcción de obras de infraestructura hidráulica correspondiente) emitido por la CONAGUA para la ocupación de la Laguna Nichupté como bien nacional. Dicha Concesión será obtenida por la

⁷ ARTÍCULO 113. La administración de los siguientes bienes nacionales queda a cargo de "la Comisión":

- I. Las playas y zonas federales, en la parte correspondiente a los cauces de corrientes en los términos de la presente Ley;
- II. Los terrenos ocupados por los vasos de lagos, lagunas, esteros o depósitos naturales cuyas aguas sean de propiedad nacional;
- III. Los cauces de las corrientes de aguas nacionales;
- IV. Las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y a los vasos o depósitos de propiedad nacional, en los términos previstos por el Artículo 3 de esta Ley;
- V. Los terrenos de los cauces y los de los vasos de lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, descubiertos por causas naturales o por obras artificiales;
- VI. Las islas que existen o que se formen en los vasos de lagos, lagunas, esteros, presas y depósitos o en los cauces de corrientes de propiedad nacional, excepto las que se formen cuando una corriente segregue terrenos de propiedad particular, ejidal o comunal, y
- VII. Las obras de infraestructura hidráulica financiadas por el gobierno federal, como presas, diques, vasos, canales, drenes, bordos, zanjas, acueductos, distritos o unidades de riego y demás construidas para la explotación, uso, aprovechamiento, control de inundaciones y manejo de las aguas nacionales, con los terrenos que ocupen y con las zonas de protección, en la extensión que en cada caso fije "la Comisión".

⁸ ARTÍCULO 118. Los bienes nacionales a que se refiere el presente Título, podrán explotarse, usarse o aprovecharse por personas físicas o morales mediante concesión que otorgue "la Autoridad del Agua" para tal efecto. Para el caso de materiales pétreos se estará a lo dispuesto en el Artículo 113 BIS de esta Ley.

Para el otorgamiento de las concesiones mencionadas en el párrafo anterior, se aplicará en lo conducente lo dispuesto en esta Ley y sus reglamentos para las concesiones de explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, aun cuando existan dotaciones, restituciones o accesiones de tierras y aguas a los núcleos de población.

Para el otorgamiento de las concesiones de la zona federal a que se refiere este Artículo, en igualdad de circunstancias, fuera de las zonas urbanas y para fines productivos, tendrá preferencia el propietario o poseedor colindante a dicha zona federal.

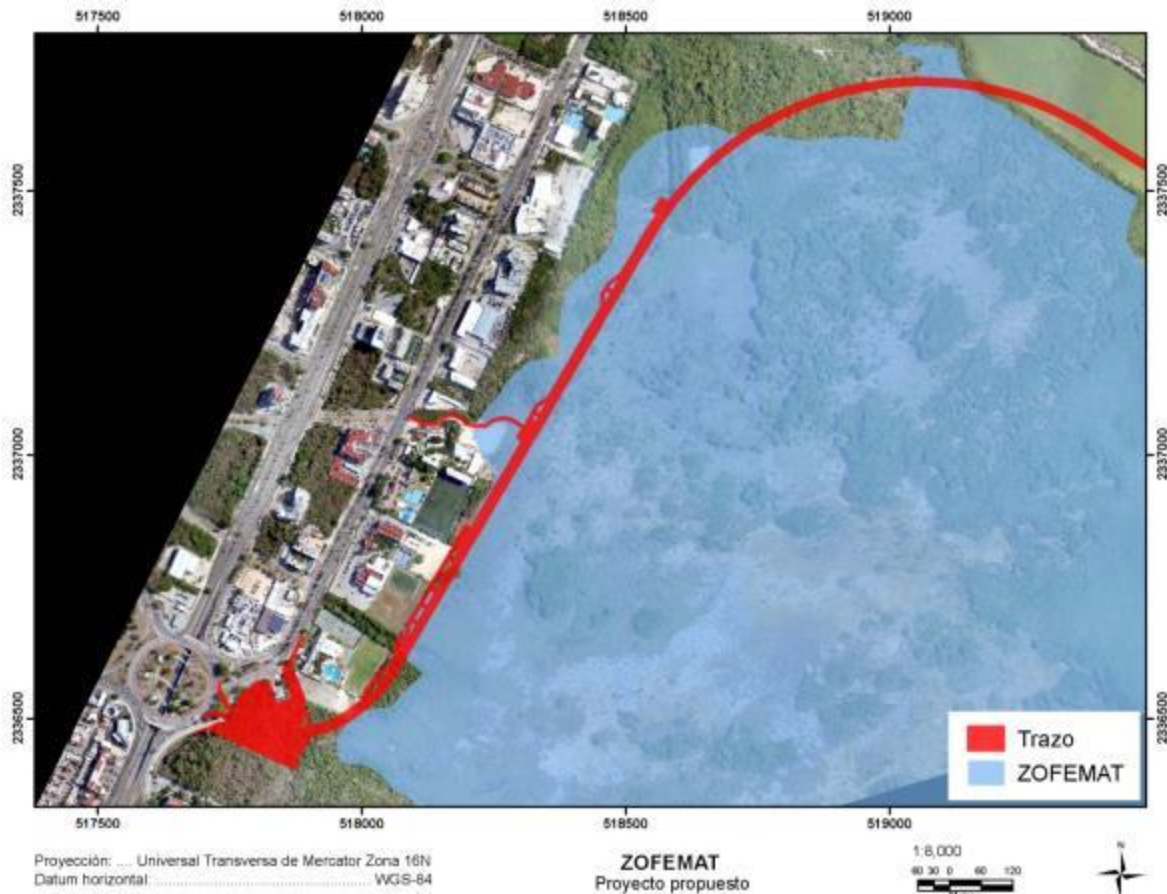
promoviente previo al inicio de las actividades de preparación del sitio y construcción del Proyecto.

Por lo que se refiere a las actividades preparatorias del Proyecto, incluyendo la realización de estudios geofísicos en el cuerpo de la Laguna Nichupté, con fecha 10 de agosto de 2021, la promoviente presentó ante la SEMARNAT el Aviso de No Requerimiento de Autorización de Impacto Ambiental (bajo la Bitácora No. 09/DD-0125/08/21, mismo que fue resuelto el 24 de agosto de 2021 mediante Oficio No. SGPA/DGIRA/DG/04094 mediante el cual dicha Secretaría resuelve que las actividades que se llevarán a cabo para obtener los registros necesarios para la elaboración de los estudios de mecánica de suelos, geofísicos y de laboratorio, no requieren someterse al procedimiento de evaluación del impacto ambiental al no encontrarse previsto en los supuestos requeridos para ello.

b. ZOFEMAT en el Tramo 5 del Proyecto.

El Tramo 5 (final y desembocadura del Proyecto) se pretende construir sobre una ZOFEMAT, por lo que es necesario obtener un Acuerdo de Destino por parte de la SEMARNAT para la ocupación de la misma, conforme a la siguiente Figura:

Figura 3. 4. Superficie de Proyecto sobre ZOFEMAT.



Al respecto, se ha identificado que dicha ZOFEMAT ha sido concesionada a un tercero mediante el otorgamiento de 4 Títulos de Concesión. Al respecto, la promovente se encuentra en negociaciones para que el concesionario presente ante la SEMARNAT escritos de renuncia a dichas concesiones a fin de que la promovente solicite el Acuerdo de Destino respecto de dicha área para la consecución del Proyecto.

En relación con lo anterior, al igual que los Acuerdos de Destino existentes en el área, la atención a la liberación de la ZOFEMAT antes mencionada se considera un tema relevante, el cual está siendo atendido de manera prioritaria. Sin embargo, legalmente no constituye un impedimento para el procedimiento de evaluación del impacto ambiental ni la emisión de la Autorización respectiva.

3.2.4 **ACUERDO por el que se instruye a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal a realizar las acciones que se indican, en relación con los proyectos y obras del Gobierno de México considerados de interés público y seguridad nacional, así como prioritarios y estratégicos para el desarrollo nacional..**

El día 22 de noviembre de 2021, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el *“ACUERDO por el que se instruye a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal a realizar las acciones que se indican, en relación con los proyectos y obras del Gobierno de México considerados de interés público y seguridad nacional, así como prioritarios y estratégicos para el desarrollo nacional”*.

A través de dicha publicación, se declara de interés público y seguridad nacional la realización de proyectos y obras a cargo del Gobierno de México asociados a infraestructura de los **sectores comunicaciones**, telecomunicaciones, aduanero, fronterizo, hidráulico, hídrico, **medio ambiente, turístico**, salud, vías férreas, ferrocarriles en todas sus modalidades energético, puertos, aeropuertos y aquellos que, por su objeto, características, naturaleza, complejidad y magnitud, **se consideren prioritarios y/o estratégicos para el desarrollo nacional**.

De esta forma, debido a la magnitud del presente Proyecto y que este será desarrollo por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, institución de carácter federal, es importante considerar la importancia y relevancia que este tiene para el desarrollo nacional, particularmente en lo relacionado con el sureste del País.

3.3 **CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917 es la norma fundamental o *“Carta Magna”* de nuestro país, establecida para regir jurídicamente a la República Mexicana. Dentro de ésta, se fijan y definen las relaciones tanto de coordinación, supra ordinación y de supra a subordinación; estableciendo los límites existentes entre estas.

Aunado a lo anterior, la CPEUM precisa las bases para el gobierno y la organización de las instituciones, así como los derechos y los deberes de la ciudadanía mexicana; separándose en dos apartados generales: La parte *dogmática* y la parte *orgánica*, siendo la primera la que establece los derechos y libertades con los que cuenta toda persona en la República, y la segunda, la que enuncia la organización de los poderes públicos con sus respectivas competencias.

Esta Constitución Federal señala en su artículo 133 lo siguiente:

“Artículo 133. Esta Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el presidente de la república, con aprobación del Senado, serán la ley suprema de toda la Unión. Los jueces de cada Estado se arreglarán a dicha Constitución, leyes y tratados, a pesar de las disposiciones en contrario que pueda haber en las Constituciones o leyes de los Estados”

En tal virtud, se entiende que la Ley Suprema del Estado está constituida por tres entes:

- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Las Leyes Generales.
- Los Tratados Internacionales a los que México pertenezca.

En cumplimiento a esta norma fundamental, se manifiesta lo siguiente:

El artículo 1º establece que todos gozaremos de los *Derechos Humanos* reconocidos en esta Constitución y en los Tratados Internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte. Es importante reconocer que, por medio de lo establecido en este numeral, la *Carta Magna* no se limita a otorgar derechos, sino que reconoce a los demás que existan en los Tratados a los que México esté adherido. Con lo anterior en consideración, la gama de Derechos Humanos se extiende a distintos ordenamientos y Legislaciones cuyo fin es preservar, reconocer y fomentar los derechos inherentes del hombre.

En consecuencia, la promovente se da por enterada de esto y manifiesta que lo tomará en consideración en todo momento, respetando e impulsando Derechos Humanos plasmados tanto en la Constitución Federal, como en los diversos instrumentos de la misma índole. De esta forma, el Proyecto tomará como directrices los siguientes Derechos, citándolos de manera indicativa, más no limitativa:

- a. Derecho a la vida digna
- b. Derecho a la salud
- c. Derecho a un medio ambiente sano

Aunado a lo anterior, se manifiesta que se respetará al pie de la letra lo que establece el artículo 4to de nuestra Carta Magna, mismo que se transcribe a continuación:

Artículo 4o.

[...]Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley. [...]

Este artículo, así como demás referentes a Derechos Fundamentales, presenta una obligación correlativa de su respeto que no sólo se dirige a las autoridades, sino también a los gobernados. De esta forma, y de acuerdo con este numeral, toda persona deberá gozar el derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar, desarrollándose en dos aspectos⁹:

1. La obligación de respetar preservar la sustentabilidad del entorno ambiental, que implica la no afectación ni lesión a este y,
2. La obligación de las autoridades de vigilancia, conservación y garantía de que sean atendidas las regulaciones pertinentes.

Por lo tanto, en el presente proyecto se reconoce y considera la necesidad de mantener un medio ambiente sano como un derecho de todas las personas en los Estados Unidos Mexicanos. En este tenor, con la presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental, el análisis respectivo de las autoridades, y la concordancia con los ordenamientos jurídicos dirigidos al medio ambiente; se asegura el respeto al derecho fundamental establecido en el numeral 4° de nuestra Ley Fundamental.

En materia ambiental el artículo 27 constitucional establece que le corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales, así como de las aguas y mares territoriales. Por lo tanto, será la Nación quien tendrá facultad de darle concesión a los particulares para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales conforme a las leyes mexicanas en la materia y podrá establecer las medidas necesarias para la planeación y ejecución de obras, que ayuden a preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

⁹ Jurisprudencia I.4o.A. J/2 (10a.), sostenida por el Cuarto Tribunal Colegiado en materia Administrativa del Primer Circuito, visible en la página 1627 del Libro XXV, Tomo 3 del mes de octubre de 2013; publicado en el Semanario Judicial de la Federación, Décima Época, cuyo rubro es "**Derecho a un medio ambiente adecuado para el desarrollo y bienestar. Aspectos en que se desarrolla**".

De esta forma, mediante la presentación de la presente MIA-R como desarrollador del proyecto, se ha comprometido a cumplir con las modalidades que dicta el interés público a la propiedad privada.

Con lo anterior en consideración, se da cumplimiento a lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos a través del estricto cumplimiento de los criterios de regulación ecológica y urbanísticos, subordinando el ejercicio del derecho de propiedad a la aplicación de la legislación ambiental vigente y sometiendo el proceso de planificación del proyecto a los más estrictos parámetros ambientales, con el fin de garantizar la conservación y continuidad de los ecosistemas presentes en el predio.

3.4 TRATADOS INTERNACIONALES

Como se menciona en los párrafos que anteceden, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y las Convenciones Internacionales suscritas y ratificadas por el Senado de la República en términos del artículo 133 de la Carta Magna, son la norma suprema en México. Ahora bien, aun cuando a lo largo del tiempo se ha debatido respecto del Principio de Jerarquía Normativa entre la Constitución y los Tratados Internacionales, se debe señalar que el Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación resolvió la contradicción de tesis denunciada bajo el expediente 293/2011, estableciendo que los tratados y la Constitución se deben interpretar y observar de forma integral y no jerárquica en materia de derechos humanos.

Si bien la Contradicción de Tesis se refirió expresamente a los derechos de tercera generación consignados en el artículo 1º Constitucional, a partir de su reforma de junio de 2011, una vez que se ha reconocido al derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de la persona, como “[derecho] humano”, es de concluirse que los tratados internacionales en la materia deben ser igualmente observados de forma integral.

Asimismo, no se debe pasar por alto que los Tratados Internacionales a los que México está suscrito en materia de medio ambiente son una “brújula” que establece directrices respecto a diferentes principios y medidas a considerar por parte tanto de las autoridades legislativas para orientarlos en las políticas de esta materia, como de los promoventes de Proyectos que puedan afectar de alguna manera los ecosistemas.

Con lo anterior en consideración, al dar total y estricto cumplimiento a la legislación mexicana en materia ambiental, así como a las consideraciones existentes en el derecho internacional, se da cumplimiento a este apartado.

A continuación, se presenta una vinculación con los Tratados Internacionales firmados por México que son directamente aplicables al Proyecto:

3.4.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) fue firmada en Nueva York el 13 de junio de 1992, suscrita por el gobierno mexicano el 13 de junio de ese mismo año, aprobada por la Cámara de Senadores el 3 de diciembre de 1992, según Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 13 de enero de 1993 y ratificado por el Ejecutivo el 24 de febrero de 1993. (Organización de las Naciones Unidas, 1992)

Este es un “documento marco”, es decir, un texto que debe enmendarse o desarrollarse con el tiempo para que los esfuerzos frente al calentamiento atmosférico y el cambio climático puedan orientarse mejor y ser más eficaces. Uno de los principales objetivos de este convenio es obtener la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

En la CMNUCC, se reconoce que todos los países necesitan tener acceso a los recursos necesarios para lograr un desarrollo económico y social sostenible. En ese tenor, si bien es el Estado quien debe adoptar los lineamientos convencionales y traducirlos a la legislación positiva vigente, ciertos principios del acuerdo son de tal manera universales que permiten la vinculación de cualquier actor sectorial de la economía nacional a éstos, como adelante se describe.

Artículo 2: Objetivo. El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

VINCULACIÓN: Como se señala a lo largo del presente documento de evaluación de impacto ambiental, a través del Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS) y la respectiva evaluación de los impactos incluida en el Capítulo 5; se diseñaron y generaron medidas de atención adecuada para la prevención, mitigación y

compensación de dichos impactos. En este sentido, se prevé que en el área de estudio, se permitirá que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático y que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. En estricto sentido, la generación de gases de efecto invernadero se dará de manera mínima y controlada durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto y a través de las medidas referidas, se prevé mitigar los impactos mencionados en el Capítulo 5 de la presente Manifestación.

Artículo 3: Las partes, en las medidas que adopten para lograr el objetivo de la convención y aplicar sus disposiciones, se guiarán, entre otras cosas, por lo siguiente:

Las partes deberían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades. En consecuencia, las partes que son países desarrollados deberían tomar la iniciativa en lo que respecta a combatir el cambio climático y sus efectos adversos.

VINCULACIÓN: El desarrollo humano actualmente debe tener como objetivo ser sostenible, por lo que el Proyecto consideró en su diseño las regulaciones establecidas por las disposiciones jurídicas que le aplican, con el objetivo de establecer las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente, tal y como establece el procedimiento de evaluación de Impacto Ambiental. Se manifiesta que se tendrá especial atención en el manejo integral de los residuos, incluyendo los peligrosos y biológico infecciosos, en caso de generarse y cuidado, mantenimiento y rehabilitación del manglar a fin de contribuir al ecosistema en beneficio de mitigar el cambio climático.

Aunado a lo anterior, dentro de las acciones a ejecutar se enlistan las siguientes, mismas que están incluidas en el SMAG descrito en el Capítulo 6 de la presente MIA-R:

- Evitar la quema de vegetación o basura, así como de acciones que puedan provocar incendios forestales.
- Reforestar con vegetación nativa las áreas impactadas por las obras temporales del Proyecto.
- Dar mantenimiento periódico a la vegetación por un periodo de tres años hasta que puedan mantenerse de forma natural con el riesgo estacional.
- No hacer uso de herbicidas o agroquímicos en las operaciones de desmonte y limpieza del sitio.

- Implementar buenas prácticas ambientales para la conservación de la flora y fauna, el manejo integral de residuos y el manejo responsable del agua
- Evitar la quema de vegetación o basura, así como de acciones que puedan provocar incendios forestales.

Artículo 4: Compromisos

1. Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán:

(...)

c) Promover y apoyar con su cooperación el desarrollo, la aplicación y la difusión, incluida la transferencia, de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en todos los sectores pertinentes, entre ellos la energía, el transporte, la industria, la agricultura, la silvicultura y la gestión de desechos;

d) Promover la gestión sostenible y promover y apoyar con su cooperación la conservación y el reforzamiento, según proceda, de los sumideros y depósitos de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, inclusive la biomasa, los bosques y los océanos, así como otros ecosistemas terrestres, costeros y marinos;

e) Cooperar en los preparativos para la adaptación a los impactos del cambio climático; desarrollar y elaborar planes apropiados e integrados para la gestión de las zonas costeras, los recursos hídricos y la agricultura, y para la protección y rehabilitación de las zonas, particularmente de África, afectadas por la sequía y la desertificación, así como por las inundaciones;

f) Tener en cuenta, en la medida de lo posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes y emplear métodos apropiados, por ejemplo evaluaciones del impacto, formulados y determinados a nivel nacional, con miras a reducir al mínimo los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente, de los proyectos o medidas emprendidos por las Partes para mitigar el cambio climático o adaptarse a él;

(...)

i) Promover y apoyar con su cooperación la educación, la capacitación y la sensibilización del público respecto del cambio climático y estimular la participación más amplia posible en ese proceso, incluida la de las organizaciones no gubernamentales;

(...)

2. Las Partes que son países desarrollados y las demás Partes incluidas en el anexo I se comprometen específicamente a lo que se estipula a continuación:

a) Cada una de esas Partes adoptará políticas nacionales y tomará las medidas correspondientes de mitigación del cambio climático, limitando sus emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero y protegiendo y mejorando sus sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero. Esas políticas y medidas demostrarán que los países desarrollados están tomando la iniciativa en lo que respecta a modificar las tendencias a más largo plazo de las emisiones antropógenas de manera acorde con el objetivo de la presente Convención, reconociendo que el regreso antes de fines del decenio actual a los niveles anteriores de emisiones antropógenas de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal contribuiría a tal modificación, y teniendo en cuenta las diferencias de puntos de partida y enfoques, estructuras económicas y bases de recursos de esas Partes, la necesidad de mantener un crecimiento económico fuerte y sostenible, las tecnologías disponibles y otras circunstancias individuales, así como la necesidad de que cada una de esas Partes contribuya de manera equitativa y apropiada a la acción mundial para el logro de ese objetivo. Esas Partes podrán aplicar tales políticas y medidas conjuntamente con otras Partes y podrán ayudar a otras Partes a contribuir al objetivo de la Convención y, en particular, al objetivo de este inciso;

(...)

VINCULACIÓN: Para atender y coadyuvar al cumplimiento de lo establecido en el presente artículo de este Tratado, se manifiesta lo siguiente:

Con relación a los incisos c), d), e) d) e i); la promovente diseñó una serie de medidas con el objetivo de prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales que el Proyecto

podría generar. En este sentido, el Capítulo 6 de la presente MIA-R, incluye al Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS), el cual es un instrumento operativo, formado por un conjunto de reglas o principios, que tiene como fin, verificar la congruencia entre las condiciones existentes en la zona de influencia directa, la indirecta del Proyecto, la evaluación de los impactos y la adecuada asignación de medidas de atención.

Dentro de los Programas y acciones específicas, se señalan los siguientes que tienen principal relación con la difusión de prácticas y procesos que controlen o reduzcan la generación de GEI, la gestión sostenible de los sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero incluyendo la biomasa, y los ecosistemas costeros y marinos; medidas de adaptación a los impactos del cambio climático, gestión de las zonas costeras y la evaluación del impacto ambiental:

Tabla 3. 1. Relación de Programas y medidas establecidas en el SGAS en cumplimiento a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Programa o Subprograma	Medida o acción
PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE LA VEGETACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Reforestar las áreas de aprovechamiento temporal con vegetación nativa. - Reforestación de otras áreas próximas a la zona de influencia del proyecto o del SAR que mejoren la estructura de la vegetación. - Dar mantenimiento periódico a la vegetación por un periodo de tres años hasta que puedan mantenerse de forma natural.
PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> - Muestreo semestral de la vegetación terrestre durante el proceso constructivo. - Seleccionar indicadores pertinentes de acuerdo a las características ambientales del sitio. - Identificar cambios en la estructura, composición y distribución de las comunidades de biota lagunar en el área del proyecto. - Diseñar medidas de mitigación de los impactos en la biota del sistema lagunar en el SAR y zona de influencia del proyecto. - Realizar muestreos sistemáticos que posibilite contar con datos cuantitativos de las características fisicoquímicas del agua.
PROGRAMA DE MANEJO Y GESTIÓN SOCIAL	<ul style="list-style-type: none"> - Generar y difundir información a los trabajadores y usuarios del Proyecto, sobre el valor ecológico, social, económico y cultural de los ecosistemas y recursos naturales involucrados. - Generar y difundir los resultados de éxito del Programa de Supervisión Ambiental (PSA). - Promover la sensibilización, reflexión y concientización de los constructores y operadores del Proyecto, sobre el valor e importancia de preservar los ecosistemas y

	<p>recursos naturales involucrados en el terreno y la zona de influencia del proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacitar a constructores y operadores del Proyecto, sobre la aplicación y cumplimiento de la normatividad e instrumentos ambientales aplicables al mismo. - Informar al personal sobre las obligaciones ambientales que adquieren al formar parte de la fuerza laboral del proyecto. - Difundir por diferentes medios el Proyecto, las bases de su diseño, el cuidado ambiental que procura, enfocado hacia la población local para promover el cuidado ambiental durante el proceso constructivo, así como, durante la operación del mismo, cuando la población sean usuarios. - Sensibilizar a la población local acerca de la conservación de los ecosistemas que se desarrollan en la región, así como, acciones para la prevención de problemas de contaminación ambiental. - Establecer metas compatibles con el desarrollo sostenible del Proyecto, con la población local, preservando los recursos ambientales y culturales de la región para alcanzar altos estándares de responsabilidad social bajo un esquema integral de sustentabilidad.
<p>PROGRAMA DE REHABILITACIÓN HIDROECOLÓGICA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Generar una tasa cero de pérdida de cobertura de manglar, al restituir los individuos afectados en una sección dentro del SAR del Proyecto. - Diseñar las estrategias de rehabilitación (microcanales, colecta de germoplasma, conformación topográfica, reforestación, entre otros) adecuadas a la zona, de acuerdo con los estudios específicos. - Mejorar la estructura del manglar y humedales asociados, al mejorar los patrones hidrológicos en zonas afectadas dentro del SAR.

Aunado a lo anterior, al cumplir con la normatividad y políticas nacionales dirigidas a la mitigación y adaptación al cambio climático, se da cumplimiento al segundo punto del artículo 4.

Asimismo, los artículos 3° y 4° de este Decreto, señalan principios y compromisos para prevenir, mitigar o reducir las causas del cambio climático, con el fin de alcanzar el desarrollo sostenible para las generaciones futuras; los cuales se considerarán en el diseño y operación del Proyecto. De este modo, por medio de los instrumentos jurídicos

que guían el desarrollo ambiental de nuestro país, se verifica que el proyecto dé cumplimiento a lo establecido en ellos.

3.4.2 Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo

El objetivo de este tratado es establecer una alianza mundial mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial, reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra. Se presenta la vinculación del Proyecto con los Principios aplicables (Organización de la Naciones Unidas, 1992):

Tabla 3. 2. Vinculación del Proyecto con la Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo

Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo	
Principio 1	Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
	La promovente se compromete a realizar un Proyecto que se enfocará en el desarrollo sostenible de la zona, propiciando el turismo sustentable en la región sureste de México. El Proyecto realizó una caracterización ambiental previo al diseño del mismo, con el fin de esbozar la infraestructura de una forma armónica que se integre con el ecosistema presente en el Sistema Ambiental Regional con afectaciones mínimas a los elementos que lo conforman.
Principio 3	El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.
	El Promovente reconoce y adoptará las medidas que aseguren un aprovechamiento que atienda las condiciones presentes sin comprometer las necesidades y el desarrollo de las futuras generaciones durante las etapas de preparación de sitio, construcción y operación del Proyecto, conforme a lo descrito en esta MIA-R.
Principio 4	A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.
	Se cumple este principio mediante el establecimiento de áreas específicas del Proyecto como zonas de conservación, rehabilitación y mantenimiento, no afectando la integridad de los ecosistemas presentes dentro del predio y el Sistema Ambiental Regional descrito en el Capítulo 4; logrando un equilibrio mediante estrictas medidas de compensación y mitigación que se establecen en el Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad del Puente Vehicular Nichupté incluido en el Capítulo 6, tomando como base fundamentos técnicos y científicos, así como la experiencia dentro del sector.
Principio 15	Con el fin de proteger el medio ambiente, los estados deberán aplicar ampliamente el criterio de preocupación conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.
	Esta es una obligación dirigida a las autoridades, sin embargo, al respetar y acatar las obligaciones incluidas en los ordenamientos jurídicos aplicables de índole ambiental, así como diseñando y aplicado las medidas de mitigación y compensación necesarias descritas en el Capítulo 6, se cumple con lo

establecido en este Principio, toda vez que se han evaluado la totalidad de los impactos ambientales generados por el Proyecto y se han desarrollado medidas de mitigación y compensación de los mismos, cuya aplicación resultará no únicamente en una mitigación o compensación “suficiente” sino que representarán un beneficio ambiental mayor respecto de las características y estado base del área donde éste se desarrollará.

3.4.3 Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas.

Esta Convención fue adoptada el 2 de febrero de 1971 en la Ciudad de Ramsar, Irán y suscrita por México en 1975 y obliga a las partes firmantes a designar humedales idóneos en su territorio para ser incluidos en la “Lista de Humedales de Importancia Internacional”, en tanto que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN), como Oficina Permanente de la Convención, generará, entre otros, recomendaciones en torno a las generalidades de los ecosistemas y particularidades para con los sitios listados por las partes firmantes (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 1975).

México adoptó la Convención el 4 de noviembre de 1986 y ha inscrito a la fecha 142 humedales como Sitios Ramsar.

Los Sitios Ramsar no son necesariamente áreas naturales protegidas, pero su inclusión en la lista implica adoptar medidas de conservación a reflejarse en los instrumentos normativos del uso del suelo y ordenamiento ecológico territorial para garantizar la preservación de las condiciones sistémicas necesarias a favor de la biota aviar asociada a los humedales.

Como se señala en la Figura incluida a continuación, el Proyecto no se encuentra dentro de un sitio RAMSAR y no se prevén impactos significativos al mismo como resultado de la ejecución del Proyecto en todas sus fases. Sin perjuicio de lo anterior, dada la cercanía con el área natural protegida “Manglares de Nichupté”, se diseñaron y proponen una serie de acciones y medidas en beneficio directo e indirecto del humedal. Estas pueden ser revisadas en el SMAG descrito en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.

Figura 3. 5. Ubicación del Proyecto con relación al Sitio RAMSAR más cercano.



3.4.4 Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales Y Culturales "Protocolo de San Salvador"

Con fecha 27 de diciembre de 1995, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se aprueba el Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en Materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales "Protocolo de San Salvador". A continuación, se presenta la vinculación del Proyecto con los artículos aplicables (Diario Oficial de la Federación, 1998):

"Artículo 2. Obligación de adoptar disposiciones de derecho interno.

Si el ejercicio de los derechos establecidos en el presente Protocolo no estuviera ya garantizado por disposiciones legislativas o de otro carácter, los Estados Partes se comprometen a adoptar, con arreglo a sus procedimientos constitucionales y a las disposiciones de este Protocolo las medidas legislativas o de otro carácter que fueren necesarias para hacer efectivos tales derechos.

(...)

Artículo 11. Derecho a un medio ambiente sano

1. *Toda persona tiene derecho a vivir en un medio ambiente sano y a contar con servicios públicos básicos.*
2. *Los Estados Partes promoverán la protección, preservación y mejoramiento del medio ambiente.”*

Respecto al Artículo 2, se manifiesta que, al dar cumplimiento a las disposiciones legislativas de la materia que nos compete, se cumple de manera indirecta con lo establecido en este Protocolo.

Con relación al Artículo 11, como se demuestra a lo largo de este y los demás Capítulos de la presente MIA-R, el Proyecto representa un desarrollo de infraestructura relevante con un fuerte compromiso con el medio ambiente, integrando los ecosistemas presentes en el predio y el Sistema Ambiental al diseño de Proyecto. De esta forma, se propone un espacio dirigido al desarrollo sustentable en armonía con el ambiente, evitando la afectación al mismo.

Con lo anterior en consideración, se cumple con lo establecido en este Tratado Internacional.

3.4.5 Agenda para el Desarrollo Sostenible

El 25 de septiembre de 2015 se aprobó la Agenda para el Desarrollo Sostenible. El documento final, titulado “*Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*”, fue adoptado por los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas. Dicho documento incluye los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) cuyo objetivo poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático sin que nadie quede rezagado para el 2030 (Organización de la Naciones Unidas, 2015).

Al respecto, la Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015 establece los siguientes principios y compromisos comunes:

“10. La nueva Agenda se inspira en los propósitos y principios de la Carta de las Naciones Unidas, incluido el pleno respeto del derecho internacional. Sus fundamentos son la Declaración Universal de Derechos Humanos, los tratados internacionales de derechos humanos, la Declaración del Milenio y el Documento Final de la Cumbre Mundial 2005. Se basa asimismo en otros instrumentos, como la Declaración sobre el Derecho al Desarrollo.

11. Reafirmamos los resultados de todas las grandes conferencias y cumbres de las Naciones Unidas, que han establecido una base sólida para el desarrollo sostenible y han ayudado a conformar la nueva Agenda, en particular la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Social, el Programa de Acción de la Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo, la Plataforma de Acción de Beijing y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. Reafirmamos también las actividades de seguimiento de esas conferencias, incluidos los resultados de la Cuarta Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Países Menos Adelantados, la Tercera Conferencia Internacional sobre los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo, la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Países en Desarrollo Sin Litoral y la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres.

12. Reafirmamos todos los principios de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, incluido, entre otros, el de las responsabilidades comunes pero diferenciadas, que se enuncia en el principio 7 de esa Declaración.”

De esta forma, el presente Proyecto se compromete a incorporar sus operaciones dentro de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**, diseñando e implementando diversas medidas alineadas a este Acuerdo, medidas que son descritas a detalle en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.

De igual forma, dando cumplimiento a lo establecido en los Tratados Internacionales vinculados previamente, se verifica la observancia y el compromiso de la promotora con los objetivos en comento.

En específico se atiende al objetivo 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles” ya que, como menciona la ONU, más de la mitad de la población mundial vive en ciudades, y se espera que dicha cantidad aumente hasta el 60 % para 2030, toda vez que las ciudades y las áreas metropolitanas son centros neurálgicos del crecimiento económico, y contribuyen alrededor del 60% del Producto Interno Bruto mundial, lo que a su vez conlleva que representen alrededor del 70 % de las emisiones de carbono mundiales y más del 60% del uso de recursos. Por lo anterior, es de suma importancia que el desarrollo de las ciudades se haga a través de mecanismos sostenibles, evitando utilizar los recursos de las generaciones futuras.

Adicionalmente y a fin de atender lo establecido en el Objetivo 15 “Vida de Ecosistemas Terrestres”, el Proyecto no solamente se pretende desarrollar utilizando tecnologías que le permiten proteger los recursos, sino que éste conllevará la implementación de medidas de mitigación y compensación tendientes a la rehabilitación y mejoramiento de manglares, como se menciona y desarrolla a destalle en apartados posteriores de la presente.

3.4.6 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)

Este Acuerdo Internacional tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia. Es importante señalar que, aunque la CITES es jurídicamente vinculante para el Estado Mexicano, no por ello suplanta a las legislaciones locales, por lo que la presente vinculación se realiza de manera armónica con las mismas.

De esta forma, de conformidad con la “Lista de especies CITES”, se identificó que las únicas especies en el predio con esta clasificación, son las siguientes:

- *Ctenosaura similis*, conocida como iguana rayada
- *Ortalis Vetula*, con el nombre común de chachalaca.
- *Mazama temama*, conocido como venado temazate.
- *Nasua narica*, coatí.

En este sentido, se evitará la afectación de las especies enlistadas en este Tratado Internacional, y se implementarán las medidas de mitigación descritas en el Capítulo 6, necesarias para garantizar la permanencia de estas especies en sus hábitats originales. Incluyendo de manera enunciativa, mas no limitativa:

- Señalización de las áreas de conservación del proyecto.
- Control y erradicación de especies exóticas invasoras.
- Instalación de un vivero temporal para el mantenimiento de las especies terrestres.
- Realizar las actividades de remoción de individuos de vegetación de forma ordenada, conforme el avance de la obra y en el área mínima de afectación.
- Reubicar a los ejemplares de fauna terrestre que se encuentren en áreas de aprovechamiento del proyecto y reubicarlos en zonas de conservación
- Colectar a los ejemplares de biota marina que se encuentren en áreas de aprovechamiento del proyecto y reubicarlos en áreas de conservación.
- La iluminación del Proyecto será dirigida hacia la superficie de rodamiento y no hacia afuera
- Habilitar pasos de fauna en los caminos temporales
- Capturar la fauna feral que se identifique en la zona de influencia del Proyecto.
- Reubicar la fauna de importancia médica a zonas de conservación. De ser necesario, en coordinación con la PROFEPA se buscará el resguardo y protección de especies silvestres incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

3.4.7 Convenio sobre la Diversidad Biológica

El Convenio sobre la Diversidad Biológica entró en vigor en los Estados Unidos Mexicanos el 29 de diciembre de 1993, fecha en la que México se adhirió este de manera formal. Se considera que este es el mecanismo internacional más trascendental para impulsar la conservación y el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales, buscando un desarrollo sostenible (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 1992).

Se presenta la vinculación del Proyecto con los Principios aplicables:

Tabla 3. 3. Vinculación del Proyecto con el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
<p>Artículo 7. Identificación y seguimiento</p> <p>Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda, en especial para los fines de los artículos 8 a 10:</p> <p>a) Identificará los componentes de la diversidad biológica que sean importantes para su conservación y utilización sostenible, teniendo en consideración la lista indicativa de categorías que figura en el anexo I;</p> <p>b) Procederá, mediante muestreo y otras</p>	<p>El Proyecto cuenta con estudios descritos a lo largo de los Capítulos de la presente MIA-R, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté • Caracterización y diagnóstico hidrogeológico del Sistema Lagunar Nichupté • Prospección geofísica del Sistema Lagunar Nichupté

<p>técnicas, al seguimiento de los componentes de la diversidad biológica identificados de conformidad con el apartado a), prestando especial atención a los que requieran la adopción de medidas urgentes de conservación y a los que ofrezcan el mayor potencial para la utilización sostenible; (...)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté • Informe técnico sobre la estructura y condición de ecosistemas de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté Bojórquez • Caracterización y diagnóstico ambiental de tipos de fondos y fauna asociada (necton y bentos) del Sistema Lagunar Nichupté • Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos <p>De esta forma, se pudieron prever los posibles impactos que se generarán y se diseñaron medidas de prevención, mitigación y compensación con el objetivo de minimizar los efectos negativos sobre este factor del medio susceptible, incluyendo puntos de muestreo permanentes en las áreas de conservación del proyecto para el registro periódico de sus condiciones antes de iniciar la etapa de construcción del proyecto y durante la vida útil del mismo.</p>
<p>Artículo 8. Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda [...]:</p> <p>Procurará establecer las condiciones necesarias para armonizar las utilidades actuales [del suelo] con la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes [...]</p>	<p>El Proyecto, por el tipo de obras y acciones que propone, coadyuvará al cumplimiento de las obligaciones adquiridas por el Estado Mexicano conforme a los artículos referidos de la CDB, constituyéndose como un instrumento de armonización del uso de suelo urbano de la zona con la conservación de la biodiversidad biológica presente en la región, así como la utilización sustentable del ecosistema costero a rehabilitarse.</p>
<p>Artículo 14.- Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda: [...]</p> <p>Establecerá procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de sus Proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando proceda, permitirá la participación del público en esos procedimientos [...]</p>	<p>De esta forma, al someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, el cual estará abierto a la participación pública en términos de la LGEEPA y el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, se coadyuva con el Estado Mexicano para demostrar el cumplimiento con el CDB. Asimismo el Proyecto no plantea de manera alguna la utilización de recursos biológicos, por el contrario, plantea acciones de conservación robustas al respecto.</p>

3.5 LEYES GENERALES Y FEDERALES

Nuevamente refiriendo al artículo 133 de la Constitución Federal, se señala que la misma, en conjunto con las Leyes que emanen del Congreso de la y todos los Tratados Internacionales en los que México forma parte; serán la Ley Suprema del Estado. Aunado a lo anterior, la Tesis P. VIII/2007 emitida por el Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, visible en la página 6 del Tomo XXV del mes de abril de 2007; señala que el

artículo constitucional previamente citados se refiere, no a las Leyes Federales, sino a aquellas que inciden en todos los órdenes jurídicos parciales que integran al Estado Mexicano, es decir, las Leyes Generales.

En ese sentido, las Leyes Generales son normas jurídicas aplicables en todo el territorio nacional cuya formulación compete a la Federación en cumplimiento de sus atribuciones, y que surgen para normar determinado campo específico. A continuación, se presenta la vinculación tanto de las Leyes Generales como las Leyes Federales en la materia con el presente Proyecto.

3.5.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Las disposiciones de esta Ley, eje rector del sistema jurídico ambiental mexicano, son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sostenible y establecer las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar (Diario Oficial de la Federación, 2021).

La vinculación con esta norma se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3. 4. Vinculación del Proyecto con la LGEEPA.

No.	Regulación Aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
1.	Artículo 4. La Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios ejercerán sus atribuciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales.	El Proyecto plantea la construcción y desarrollo de una vía general de comunicación, sobre ZOFEMAT, con cambio de uso de suelo en terrenos forestales, entre otros elementos clave, por lo que, con base en la distribución de competencias previstas por este artículo, su evaluación en materia de impacto ambiental corresponde a la Federación.
2.	Artículo 5°.- Son facultades de la Federación: [...] II.- La aplicación de los instrumentos de la política ambiental previstos en esta Ley, en los términos en ella establecidos, así como la regulación de las acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente que se realicen en bienes y zonas de jurisdicción federal; [...]	El Proyecto se ubicará en zonas de jurisdicción federal (ZOFEMAT y cuerpo lagunar considerado como un bien nacional), por lo que es la Federación la facultada para la aplicación de los instrumentos de política ambiental previstos en la LGEEPA, incluyendo el de evaluación del impacto ambiental.
3.	Artículo 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos	Tal y como se desprende de las obras y actividades que integran el Proyecto descritas en el Capítulo 2 de la presente Manifestación, el mismo implica obras y actividades relacionadas con: (i) vías generales de comunicación (puente

	<p>en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: [...]</p> <p>I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carbo ductos y poliductos; [...]</p> <p>VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas; [...]</p> <p>X.- Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales. En el caso de actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias se estará a lo dispuesto por la fracción XII de este artículo; [...]</p> <p>XIII.- Obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia federal, que puedan causar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente.</p>	<p>vehicular); (ii) cambios de uso de suelo de áreas forestales (remoción mínima de individuos de manglar); (iii) obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas o zonas federales (trazo del Proyecto traslapa diversas secciones de ZOFEMAT y cuerpo lagunar); y (iv) otras actividades que correspondan a asuntos de competencia federal (estudios preparatorios para las obras sobre cuerpo lagunar), por lo que el proyecto actualiza los supuestos de la LGEEPA para ser evaluado en materia de impacto ambiental por la SEMARNAT.</p>
4.	<p>Artículo 30.- Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</p>	<p>Se da cumplimiento al artículo 30 referido mediante la presentación de la presente Manifestación de Impacto Ambiental – Modalidad Regional, misma que en su capitulado incluye la descripción de los posibles efectos en los ecosistemas y medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente (ver Capítulos 2, 5 y 6).</p>
5.	<p>Artículo 35.- Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días.</p> <p>Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se</p>	<p>Se da cumplimiento al presente artículo a través de: (i) la presentación de la presente Manifestación para revisión de la SEMARNAT; (ii) incluye la debida vinculación del Proyecto relativa al cumplimiento con los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, áreas naturales protegidas y demás disposiciones aplicables al mismo; y (iii) los impactos relativos a las obras y actividades del</p>

<p>sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.</p> <p>Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación.</p>	<p>Proyecto se identificaron en conjunto.</p>
---	---

3.5.2 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Las disposiciones de la LGDFS son de orden e interés público y de observancia general en todo el territorio nacional, y tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos; así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, las Entidades Federativas y Municipios (Diario Oficial de la Federación, 2018).

La vinculación con esta norma se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3. 5. Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
1.	<p>Artículo 7. Para los efectos de esta Ley se entenderá por: [...]</p> <p>VI. Cambio de uso del suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos o inducirlos a actividades no forestales; [...]</p> <p>LXXI. Terreno forestal: Es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales; [...]</p> <p>LXXX. Vegetación forestal: Es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando</p>	<p>El Proyecto plantea remoción de vegetación correspondiente a obras permanentes por la colocación de las pilas y el terraplén, así como obras temporales. Con base en las definiciones referidas se considera que parte de esta superficie se encuentra en vegetación forestal. Asimismo, se plantea llevar a cabo dicha remoción en un terreno forestal en términos de la Ley. Finalmente, dicha remoción sería considerada como un cambio de uso de suelo en terrenos forestales (ver sección siguiente para vinculación con las disposiciones aplicables en materia de vida silvestre).</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
	lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales; [...]	
2.	<p>Artículo 93. La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.</p> <p>En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate.</p> <p>Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento.</p> <p>Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.</p>	<p>Con base en las características de las obras y actividades que integran el Proyecto, se requerirá obtener una Autorización por parte de la SEMARNAT para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, misma que se presentará a través de un Estudio Técnico Justificativo independiente a la presente MIA-R. Al respecto, los impactos ambientales relativos al cambio de uso de suelo en terrenos forestales del Proyecto se incluyen en el capítulo 5 de la presente Manifestación (ver sección siguiente para vinculación con las disposiciones aplicables en materia de vida silvestre).</p>

3.5.3 Ley General de Vida Silvestre

La Ley General de Vida Silvestre tiene como objeto establecer la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias; relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat (Diario Oficial de la Federación, 2021).

La vinculación con esta norma se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3. 6. Vinculación del Proyecto con la Ley General de Vida Silvestre.

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
-----	----------------------	--------------------------------------

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
1.	<p>Artículo 4.- Es deber de todos los habitantes del país conservar -la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.</p> <p>Los propietarios o legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y derivados en los términos prescritos en la presente Ley y demás disposiciones aplicables.</p> <p>Los derechos sobre los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia.</p>	<p>El Proyecto plantea la afectación directa de 3498.41 m² en vegetación de manglar, de los cuales 650.87 m², corresponden a obras permanentes por la colocación de las pilas y el terraplén, y 2847.54 m², corresponden al impacto por obras temporales.. Dichas afectaciones se consideran temporales y limitadas a nivel individuos y no ecosistema. En este sentido, la cantidad de individuos a ser removidos no representa porcentaje significativo en relación con el número total de ejemplares de manglar en el área del Proyecto.</p> <p>Como parte de las acciones de mitigación de la remoción mencionada, se ha planteado la elaboración del Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar propuesto en el Capítulo 6, Con el fin de mejorar la calidad ambiental del manglar existente en la zona, así como otros humedales a través del incremento de cobertura de manglar por reforestación en donde sea necesario, así como, propiciar las condiciones para el desarrollo de manglar de borde en los márgenes de los canales que se abrirán de manera controlada y planeada, para mejorar el flujo hídrico, con ello, se busca también, incrementar los bienes y servicios ambientales al desarrollarse manglar de borde en lugar de manglar de cuenca.</p>
2.	<p>Artículo 60 TER.- Queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.</p> <p>Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.</p>	<p>Al respecto, la Ley General de Vida Silvestre establece en su artículo 60 TER una prohibición de remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.</p> <p>Como excepción a la prohibición anterior, dicha norma establece las obras y actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.</p> <p>Al respecto, dicha prohibición no resulta aplicable al Proyecto, siendo que de la misma se desprende que no se limita a la remoción, trasplante, poda o cualquier obra o actividad, sino que las mismas deben forzosamente afectar la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
		<p>capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.</p> <p>Los supuestos anteriores no se actualizan en el caso del Proyecto, toda vez que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La afectación se da a nivel individuos y no ecosistema; 2. El número de ejemplares a removerse se considera mínimo en proporción al existente en el área y al que será rehabilitado y mantenido como parte del Programa de Rehabilitación propuesto en la presente Manifestación; 3. Las características constructivas del Proyecto (mediante sobreposición continua y pilas) fueron seleccionadas de esa manera precisamente para no afectar el flujo hidrológico del manglar circundante, del ecosistema y su zona de influencia, dado que los mismos no obstaculizan dicho flujo; tal como se documentó en el Capítulo 4 y Anexo 4.5. 4. Asimismo, con base en lo anterior, no se prevé afectaciones a la productividad natural del manglar, ni a zonas de anidación o actividad de vida silvestre en el mismo, ni de la interacción del manglar con ríos (inexistentes en el área del Proyecto), dunas (no presentes en el área del Proyecto), zona marítima y corales (ubicados fuera del área del Proyecto). 5. Finalmente, no se prevé la generación de cambios en las características y servicios ecológicos dada la mínima afectación a nivel individuos planteada por el Proyecto. <p>De hecho, la propia NOM-022 requiere que en obras y actividades en zonas de humedales con presencia de manglar se haga uso del sistema constructivo en fases mediante sobreposición continua de obra y pilas), por lo que se garantiza el mayor grado de protección al humedal y manglares, en adición a que los existentes serán rehabilitados y mantenidos y la superficie de protección aumentada mediante la donación de áreas de manglar adicionales para su protección por parte de</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
		<p>esa H. Secretaría.</p> <p>Por su parte, el Criterio Urbano establecido en el POEL BJ, específicamente el criterio URB-36 relacionado con la UGA-25, establece que las áreas con presencia de manglar únicamente podrán ser modificadas en caso de que cuenten previamente con un plan de manejo autorizado por la autoridad competente. En este sentido, dada la clasificación del manglar como vida silvestre, por autoridad competente debe entenderse a la SEMARNAT, por lo que, en cumplimiento a lo requerido por el Programa referido, dicho Plan se integra a la presente MIA-R para su revisión como parte del procedimiento de evaluación del impacto ambiental del Proyecto en conjunto con la evaluación que la Dirección General de Vida Silvestre realice al respecto dentro del procedimiento mencionado.</p>

3.5.4 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

Esta Ley tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación (Diario Oficial de la Federación, 2021).

La vinculación con esta norma se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3. 7. Vinculación del Proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

No.	Regulación Aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
1.	<p>Artículo 16.- La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.</p>	<p>El Proyecto realizará el manejo de los residuos conforme a lo indicado en este artículo y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables. Así como también, contará con un Programa para el Manejo Integral de los mismos, a través de la contratación de empresas acreditadas para la recolección, transporte y disposición final de los residuos peligrosos generados, como se establece en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.</p>
2.	<p>Artículo 18.- Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y</p>	<p>Los residuos sólidos urbanos que se generen durante las etapas del Proyecto recibirán el tratamiento</p>

	secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.	establecido en la normatividad aplicable. Para ello se contará con una planta de transferencia mediante el cual se clasificarán todos los residuos sólidos colectados, posteriormente todos los residuos debidamente clasificados serán entregados a diferentes empresas acreditadas para su recolección, transporte, reciclaje y/o disposición final. Adicionalmente se ejecutará un Programa para el Manejo Integral de Residuos y un Programa de supervisión ambiental mediante los cuales se garantizará la mejor gestión de los residuos, como se establece en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.
3.	<p>Artículo 19.- Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:</p> <p>VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;</p>	<p>Durante la etapa de construcción del Proyecto, se generarán residuos de construcción, mismos que serán tratados y clasificados de conformidad con lo establecido en la Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo.</p> <p>Asimismo, éstos serán dispuestos a través de prestadores de servicio que cuenten con las autorizaciones estatales correspondientes.</p>
4.	<p>Artículo 22.- Las personas que generen o manejen residuos y que requieran determinar si éstos son peligrosos, conforme a lo previsto en este ordenamiento, deberán remitirse a lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que los clasifican como tales.</p>	<p>Los residuos peligrosos que se generen con motivo del desarrollo del Proyecto serán manejados conforme a la normatividad aplicable y dispuestos a través de prestadores de servicio que cuenten con las autorizaciones requeridas conforme a lo establecido en el Programa para el Manejo Integral de Residuos, establecido en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.</p>
5.	<p>Artículo 31.- Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:</p> <p>I. Aceites lubricantes usados;</p> <p>II. Disolventes orgánicos usados;</p> <p>III. Convertidores catalíticos de vehículos automotores;</p> <p>IV. Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo;</p> <p>V. Baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio;</p> <p>VI. Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio;</p> <p>VII. Aditamentos que contengan mercurio, cadmio</p>	<p>Como se establece en el Capítulo 6 de la presente MIA-R, el Programa de manejo integral de residuos está compuesto por: a) Subprograma de Manejo Integral de Residuos Sólidos, b) Subprograma de Manejo Integral de Residuos Líquidos y Sanitarios y c) Subprograma de Manejo Integral de Residuos Peligrosos.</p> <p>Los objetivos del último subprograma, están centrados en la prevención y el manejo adecuado de los materiales, desechos y/o residuos que por sus características CRETIB son consideradas como peligrosos.</p>

	<p>o plomo;</p> <p>VIII. Fármacos;</p> <p>IX. Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos;</p> <p>X. Compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados;</p> <p>XI. Lodos de perforación base aceite, provenientes de la extracción de combustibles fósiles y lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales cuando sean considerados como peligrosos;</p> <p>XII. La sangre y los componentes de ésta, sólo en su forma líquida, así como sus derivados;</p> <p>XIII. Las cepas y cultivos de agentes patógenos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación y en la producción y control de agentes biológicos;</p> <p>XIV. Los residuos patológicos constituidos por tejidos, órganos y partes que se remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica que no estén contenidos en formol, y</p> <p>XV. Los residuos punzo-cortantes que hayan estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, incluyendo navajas de bisturí, lancetas, jeringas con aguja integrada, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuajes.]</p>	
6.	<p>Artículo 41.- Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.</p>	<p>El manejo de los residuos peligrosos que se generen se hará de conformidad con la normatividad aplicable y se entregarán a un proveedor autorizado para la recolección, transporte y disposición final conforme a lo establecido en el Programa para el Manejo Integral de Residuos.</p>
7.	<p>Artículo 42.- Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos.</p> <p>La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la</p>	<p>La Promovente se cerciorará que las empresas que subcontrate para el manejo y disposición final de los residuos cuenten con las autorizaciones de esa H. Secretaría y está consciente de su responsabilidad en el proceso.</p>

	responsabilidad que tiene el generador	
8.	Artículo 54.- Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.	Los residuos peligrosos que se generen serán manejados y dispuestos conforme al Programa para el Manejo Integral de Residuos, evitando la mezcla de éstos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales, tal y como se describe en el Programa de Manejo Integral de Residuos incluido en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.

3.5.5 Ley General de Bienes Nacionales

Esta Ley es de orden público e interés general y tiene por objeto establecer el régimen de dominio público de los bienes de la Federación y de los inmuebles de los organismos descentralizados de carácter federal, así como la distribución de competencias entre las dependencias administradoras de inmuebles y las bases para la regulación de los bienes muebles propiedad de las entidades (Diario Oficial de la Federación, 2021).

Tabla 3. 8. Vinculación del Proyecto con la Ley General de Bienes Nacionales.

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
1.	Artículo 6.- Están sujetos al régimen de dominio público de la Federación: IX.- Los terrenos ganados natural o artificialmente al mar, ríos, corrientes, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional;	El trazo del Proyecto plantea la ocupación de ciertas áreas consideradas como terrenos ganados al mar y ZOFEMAT con base en la las disposiciones referidas, por lo que se encuentran sujetos al régimen de dominio público de la Federación en su carácter de bienes de uso común.
2.	Artículo 7.- Son bienes de uso común: V.- La zona federal marítimo terrestre; VIII.- Los cauces de las corrientes y los vasos de los lagos, lagunas y esteros de propiedad nacional;	
3.	Artículo 42.- Se inscribirán en el Registro Público de la Propiedad Federal: [...] XIV.- Los acuerdos administrativos que destinen inmuebles federales; [...] XV.- Los acuerdos administrativos por los que los inmuebles federales se fusionen o subdividan; [...]	Las áreas del trazo del Proyecto sujetas al otorgamiento de un Acuerdo de Destino por parte de la SEMARNAT se inscribirán en el Registro Público de la Propiedad Federal una vez otorgado.
4.	Artículo 59.- Están destinados a un servicio público, los siguientes inmuebles federales: I.- Los recintos permanentes de los Poderes Legislativo, Ejecutivo y Judicial de la Federación; [...] III.- Los destinados al servicio de las	En principio, dado que ciertas áreas requeridas para el trazo del Proyecto se traslapan con áreas otorgadas en destino a la CONANP mediante el Acuerdo de Destino Nichupté, se

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
	dependencias y entidades; [...]	
5.	<p>Artículo 61.- Los inmuebles federales prioritariamente se destinarán al servicio de las instituciones públicas, mediante acuerdo administrativo, en el que se especificará la institución destinataria y el uso autorizado. Se podrá destinar un mismo inmueble federal para el servicio de distintas instituciones públicas, siempre que con ello se cumplan los requerimientos de dichas instituciones y se permita un uso adecuado del bien por parte de las mismas.</p>	<p>requiere ejecutar alguna de las alternativas legales detalladas en la sección 3.3.1., anterior, específicamente: (i) la puesta a disposición por parte de la CONANP a la SEMARNAT de las áreas requeridas (artículo 67 y 68 de la LGBN); o (ii) la asignación de dichas áreas por parte de la CONANP a la AGEPRO de manera directa o través de un Acuerdo de Coordinación (artículo 64 y 67 de la LGBN).</p>
6.	<p>Artículo 64.- (...)La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales respecto de los inmuebles federales de su competencia, podrá autorizar a las instituciones destinatarias a asignar el uso de espacios a otras instituciones públicas, así como autorizar a las dependencias destinatarias que celebren acuerdos de coordinación con los gobiernos estatales para que, en el marco de la descentralización de funciones a favor de los gobiernos de los estados, transfieran a éstos el uso de inmuebles federales con fines de promoción del desarrollo estatal o regional. En estos casos, los beneficiarios del uso de los inmuebles federales asumirán los costos inherentes al uso y conservación del bien de que se trate.</p>	<p>Actualmente, la selección y ejecución de alguna de las alternativas anteriores se está definiendo con la SEMARNAT.</p>
7.	<p>Artículo 67.- Para cambiar el uso de los inmuebles destinados, las instituciones destinatarias deberán solicitarlo a la Secretaría o a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, según corresponda, las que podrán en el ámbito de sus respectivas competencias, autorizar el cambio de uso, considerando las razones que para ello se le expongan, así como los aspectos señalados en el artículo 62 de esta Ley.</p> <p>Para el caso de los inmuebles destinados a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales que formen parte de las áreas naturales protegidas federales, esa dependencia podrá cambiar el uso de los inmuebles destinados sin que se necesite autorización de la Secretaría. En este supuesto, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales deberá informar a la Secretaría de los cambios de uso que realice.</p>	
8.	<p>Artículo 68.- En caso de que las instituciones destinatarias no requieran usar la totalidad del inmueble, lo dejen de utilizar o de necesitar o le den un uso distinto al autorizado, el responsable inmobiliario respectivo deberá poner el mismo a disposición de la Secretaría o de la Secretaría de</p>	

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
	<p>Medio Ambiente y Recursos Naturales, según corresponda, con todas sus mejoras y accesiones sin que tengan derecho a compensación alguna, dentro de los cuatro meses siguientes a la fecha en que ya no sean útiles para su servicio.</p> <p>En este supuesto, la institución destinataria respectiva proporcionará a la Secretaría o a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, según corresponda, la información de que se disponga respecto del inmueble, conforme a los lineamientos que esas dependencias emitan. En todo caso, dicha información será la necesaria para determinar la situación física, jurídica y administrativa del bien.</p> <p>La Secretaría o, en su caso, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, dentro de los quince días siguientes a la fecha en que se ponga a disposición el inmueble de que se trate, podrá solicitar a la institución destinataria correspondiente cualquier otra información que razonablemente pudiera obtener.</p> <p>Si no hubiere requerimiento de información adicional, vencido el plazo señalado en el párrafo anterior, se entenderá que la Secretaría o la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, según sea el caso, han recibido de conformidad el inmueble puesto a su disposición.</p>	

3.5.6 Ley de Aguas Nacionales

Esta Ley tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable (Diario Oficial de la Federación, 2020).

La vinculación con esta norma se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3. 9. Vinculación del Proyecto con la Ley de Aguas Nacionales.

No.	Regulación Aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
1.	<p>Artículo 113. La administración de los siguientes bienes nacionales queda a cargo de "la Comisión":</p> <p>V. Los terrenos de los cauces y los de los vasos de lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, descubiertos por causas naturales o por obras artificiales;</p>	<p>El Promovente pretende utilizar el fondo de la Laguna Nichupté para la colocación de las columnas del puente.</p> <p>Al respecto, de conformidad con la fracción IX del artículo 6 de la LGBN, serán sujetos al régimen de dominio público de la Federación, los terrenos ganados natural o artificialmente al mar, ríos, corrientes, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional.</p>
2.	<p>Artículo 118. Los bienes nacionales a que se refiere el presente Título, podrán explotarse, usarse o aprovecharse por personas físicas</p>	

	<p>o morales mediante concesión que otorgue "la Autoridad del Agua" para tal efecto.</p>	<p>Asimismo, conforme a la Declaratoria de propiedad nacional de las aguas de la laguna Nichupté o Bojórquez o río Inglés o Del Amor y Nizuc y arroyos Canal Playa Linda y Canal Nizuc, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de octubre de 1992, deberá entenderse que la Laguna Nichupté, sobre la cual se pretende desarrollar el Proyecto, es de propiedad nacional.</p> <p>Derivado de lo anterior, las disposiciones previstas por la Ley de Aguas Nacionales le serán aplicables a dicho cuerpo de agua, toda vez que son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo.</p> <p>En consecuencia, el Promoviente obtendrá previo al desarrollo del Proyecto, un Título de Concesión por parte de la Comisión Nacional del Agua para la explotación, uso y aprovechamiento del fondo de la Laguna Nichupté, así como para la ocupación del cuerpo lagunar para la operación del Proyecto.</p>
--	--	--

3.5.7 Ley General de Cambio Climático (LGCC)

La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Esta Ley tiene como principal objetivo regular las emisiones para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera (Diario Oficial de la Federación, 2012).

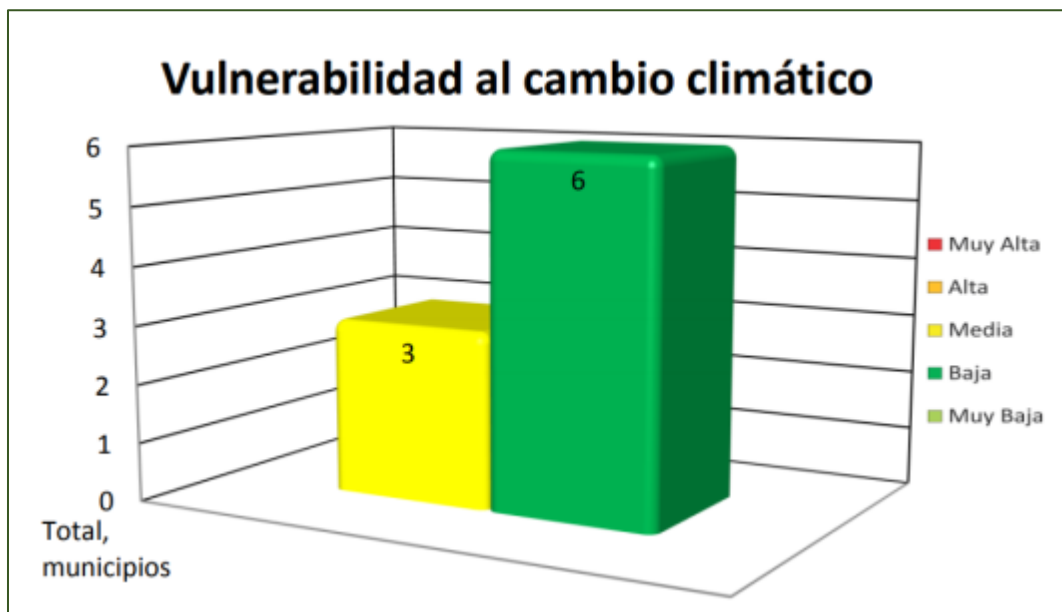
El Cambio Climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables

Por su parte, el Atlas Climático¹⁰ de la Universidad Nacional Autónoma de México indica que en Quintana Roo no existen valores extremos de vulnerabilidad al cambio climático, sin embargo, es susceptible a la afectación de fenómenos naturales extremos. Asimismo,

¹⁰ Fernandez-Eguiarte A., J. Zavala-Hidalgo, R. Romero-Centeno 2018. Atlas Climático Digital de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/>

este documento identifica que la vulnerabilidad al cambio climático en los municipios del Estado de Quintana Roo es en su mayoría baja, conforme a lo establecido en la siguiente figura recuperada del sitio <http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/PDFs/QuintanaRoo.pdf>:

Figura 3. 6. Vulnerabilidad al Cambio Climático. Atlas Climático UNAM.



De esta forma, en 2013 se publicó el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Quintana Roo (PEACCQROO), el cual establece medidas de adaptación al cambio climático que serán vinculadas en su apartado respectivo.

Tabla 3. 10. Vinculación del Proyecto con la Ley General de Cambio Climático.

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
1.	Artículo 2.- Esta ley tiene por objeto: [...] IV. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno [...]	Sujeto a su desarrollo en los capítulos 2 y 6 de la presente MIA-R, el Proyecto se desarrollará mediante el uso de tecnologías que eviten la generación de emisiones a la atmósfera por encima de los niveles permitidos.
2.	Artículo 26. En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de: XI. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad;	Como se menciona en apartados posteriores, el Proyecto conllevará la implementación de medidas de rehabilitación y mejoramiento de manglar. Adicionalmente, como se ha mencionado en secciones anteriores, el Proyecto conllevará la remoción de manglares a nivel individuo previendo afectaciones temporales a nivel individuos y no ecosistema. En este sentido, la

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
3.	<p>Artículo 27. La política nacional de adaptación frente al cambio climático se sustentará en instrumentos de diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación, tendrá como objetivos:</p> <p>I. Reducir la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático;</p> <p>II. Fortalecer la resiliencia y resistencia de los sistemas naturales y humanos;</p> <p>III. Minimizar riesgos y daños, considerando los escenarios actuales y futuros del cambio climático; [...]</p>	<p>cantidad de individuos a ser removidos no representa porcentaje significativo en relación con el número total de ejemplares de manglar en el área del Proyecto.</p>
4.	<p>Artículo 29. Se considerarán acciones de adaptación:</p> <p>IV. La conservación, el aprovechamiento sustentable, rehabilitación de playas, costas, zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar y cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas para uso turístico, industrial, agrícola, pesquero, acuícola o de conservación;</p>	

3.5.8 Ley de Vertimientos en Zonas Marinas Federales

El objeto de esta Ley es el control y la prevención de la contaminación o alteración del mar por vertimientos en las zonas marinas mexicanas (Diario Oficial de la Federación, 2020).

Tabla 3. 11. Vinculación del Proyecto con la Ley de Vertimientos en Zonas Marinas Federales.

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
1.	<p>Artículo 3.- Para efectos de la presente Ley, se entenderá como vertimiento en las zonas marinas mexicanas, lo siguiente:</p> <p>I. La evacuación deliberada de desechos u otras materias, desde buques, aeronaves, plataformas u otras construcciones con el único objeto de deshacerse de ellas;</p> <p>II. El hundimiento deliberado de buques, aeronaves, plataformas u otras construcciones en el mar, con el único objeto de deshacerse de ellas;</p> <p>III. El almacenamiento de desechos u otras materias en el lecho marino o en el subsuelo de éste, desde buques,</p>	<p>Con base en la naturaleza de este Proyecto, no se considera que se realizarán vertimientos en la zona marina.</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
	aeronaves, plataformas u otras construcciones en el mar, y IV. Todo abandono o derribo in situ de plataformas u otras construcciones, con el único objeto de deshacerse deliberadamente de ellas.	

3.5.9 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental (Diario Oficial de la Federación, 2021).

Esta norma señala que no se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría. Esto se cumple por medio de la presentación de esta MIA, además de no rebasar los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.

Finalmente, en atención a la fracción III del Artículo 20 de esta Ley, la Supervisión Ambiental formará parte de un Órgano de Control Interno dedicado a la verificación del cumplimiento de las obligaciones derivadas de las diversas leyes, licencias, autorizaciones, permisos o concesiones ambientales, así como un sistema interno de gestión y capacitación ambiental en funcionamiento permanente.

Tabla 3. 12. Vinculación del Proyecto con la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
1.	<p>Artículo 6o.- No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de:</p> <p>I. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que,</p> <p>II. No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.</p> <p>La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad.</p>	<p>El Proyecto actualiza la excepción de daño prevista en la Ley referida toda vez que como consta en los Capítulo 2, 5 y 6 de la presente MIA-R, los impactos, menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros han sido manifestados, identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados en la Manifestación mencionada de la que se obtendrá la Autorización de Impacto Ambiental correspondiente, así como la Autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales respectiva. Asimismo, durante todas las fases que integran el Proyecto no se rebasará límite máximo permisible alguno establecido en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.</p>

3.6 REGLAMENTOS DE LEYES FEDERALES

Debido a que los reglamentos contienen las disposiciones jurídicas de carácter general y con valor subordinado a la Ley de la que emanan, a continuación, se presenta la vinculación del proyecto con los artículos aplicables de estos instrumentos.

3.6.1 Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA LGEEPA)

Este Reglamento es complementario a la LGEEPA, estableciendo de manera más específica las características y requerimientos referentes a la evaluación del impacto ambiental (Diario Oficial de la Federación, 2014).

Tabla 3. 13. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA LGEEPA)

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
1.	<p>Artículo 5o.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:</p>	<p>Tal y como se desprende de las obras y actividades que integran el Proyecto descritas en el Capítulo 6] de la presente MIA-R, el mismo implica obras y actividades relacionadas con: (i) vías generales de comunicación (puente vehicular); (ii) cambios</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	<p data-bbox="298 222 833 279">B) VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN:</p> <p data-bbox="298 283 833 615">Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; puertos, vías férreas, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de agua nacionales, con excepción de:</p> <p data-bbox="298 619 833 772">a) La instalación de hilos, cables o fibra óptica para la transmisión de señales electrónicas sobre la franja que corresponde al derecho de vía, siempre que se aproveche la infraestructura existente;</p> <p data-bbox="298 804 833 892">b) Las obras de mantenimiento y rehabilitación cuando se realicen en la franja del derecho de vía correspondiente, y</p> <p data-bbox="298 924 833 1224">c) Las carreteras que se construyan, sobre caminos ya existentes, para un tránsito promedio diario de hasta un máximo de 500 vehículos, en las cuales la velocidad no exceda de 70 kilómetros por hora, el ancho de calzada y de corona no exceda los 6 metros y no tenga acotamientos, quedando exceptuadas aquellas a las que les resulte aplicable algún otro supuesto del artículo 28 de la Ley.</p> <p data-bbox="298 1260 833 1348">O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:</p> <p data-bbox="298 1352 833 1890">I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros</p>	<p data-bbox="859 222 1398 646">de uso de suelo de áreas forestales (remoción mínima de individuos de manglar); (iii) obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas o zonas federales (trazo del Proyecto traslapa diversas secciones de ZOFEMAT y cuerpo lagunar); y (iv) otras actividades que correspondan a asuntos de competencia federal (estudios preparatorios para las obras sobre cuerpo lagunar), por lo que el Proyecto actualiza los supuestos de la LGEEPA para ser evaluado en materia de impacto ambiental por la SEMARNAT.</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	instrumentos jurídicos aplicables;	
2.	<p>Artículo 9o.- Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.</p> <p>La Información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.</p>	<p>Por lo que se refiere al Proyecto, se ha determinado como procedente la presentación de la MIA-R en su modalidad regional al tratarse de obras y actividades a llevarse a cabo en la región ecológica.</p>
3.	<p>Artículo 10. Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:</p> <p>I. Regional, o II. Particular.</p>	<p>Debido a las características del Proyecto y toda vez que se trata de una obra que se desarrollará sobre una región ecológica, se presenta la MIA en su modalidad Regional.</p>
4.	<p>Artículo 11.- Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:</p> <p>III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada.</p>	

3.6.2 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

El presente Reglamento deriva de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, el cual profundiza en las categorías y obligaciones de los generadores de residuos (Diario Oficial de la Federación, 2014).

Tabla 3. 14. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
1.	<p>Artículo 35.- Los residuos peligrosos se identificarán de acuerdo a lo siguiente:</p> <p>I. Los que sean considerados como tales, de conformidad con lo previsto en la Ley;</p> <p>II. Los clasificados en las normas oficiales mexicanas a que hace referencia el artículo 16 de la Ley, mediante:</p> <p>a) Listados de los residuos por características de peligrosidad: corrosividad,</p>	<p>Se cumplirán con las regulaciones e identificaciones descritas en el presente artículo, atendiendo integralmente a lo establecido en la normatividad en la materia.</p> <p>A través del SGAS descrito en el Capítulo 6 de la presente MIA-R, se señalan las medidas a implementar para el correcto manejo y disposición de los residuos.</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	<p>reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad; agrupados por fuente específica y no específica; por ser productos usados, caducos, fuera de especificación o retirados del comercio y que se desechen; o por tipo de residuo sujeto a condiciones particulares de manejo. La Secretaría considerará la toxicidad crónica, aguda y ambiental que les confieran peligrosidad a dichos residuos, y</p> <p>b) Criterios de caracterización y umbrales que impliquen un riesgo al ambiente por corrosividad, reactividad, explosividad, inflamabilidad, toxicidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, y</p> <p>III. Los derivados de la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos; los provenientes del tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos y aquellos equipos y construcciones que hubiesen estado en contacto con residuos peligrosos y sean desechados.</p> <p>Los residuos peligrosos listados por alguna condición de corrosividad, reactividad, explosividad e inflamabilidad señalados en la fracción II inciso a) de este artículo, se considerarán peligrosos, sólo si exhiben las mencionadas características en el punto de generación, sin perjuicio de lo previsto en otras disposiciones jurídicas que resulten aplicables.</p>	
2.	<p>Artículo 42.- Atendiendo a las categorías establecidas en la Ley, los generadores de residuos peligrosos son:</p> <p>I. Gran generador: el que realiza una actividad que genere una cantidad igual o superior a diez toneladas en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida;</p> <p>II. Pequeño generador: el que realice una actividad que genere una cantidad mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida, y</p>	<p>La promovente del Proyecto atenderá los preceptos descritos en este artículo y se registrará de conformidad con la categoría a la que corresponda, cumpliendo con todas las obligaciones que esto conlleve.</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	<p>III. Microgenerador: el establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.</p>	
3.	<p>Artículo 43.- Las personas que conforme a la Ley estén obligadas a registrarse ante la Secretaría como generadores de residuos peligrosos se sujetarán al siguiente procedimiento:</p> <p>I. Incorporarán al portal electrónico de la Secretaría la siguiente información:</p> <p>a) Nombre, denominación o razón social del solicitante, domicilio, giro o actividad preponderante;</p> <p>b) Nombre del representante legal, en su caso;</p> <p>c) Fecha de inicio de operaciones;</p> <p>d) Clave empresarial de actividad productiva o en su defecto denominación de la actividad principal;</p> <p>e) Ubicación del sitio donde se realiza la actividad;</p> <p>f) Clasificación de los residuos peligrosos que estime generar, y</p> <p>g) Cantidad anual estimada de generación de cada uno de los residuos peligrosos por los cuales solicite el registro;</p> <p>II. A la información proporcionada se anexarán en formato electrónico, tales como archivos de imagen u otros análogos, la identificación oficial, cuando se trate de personas físicas o el acta constitutiva cuando se trate de personas morales. En caso de contar con Registro Único de Personas Acreditadas bastará indicar dicho registro, y</p> <p>III. Una vez incorporados los datos, la Secretaría automáticamente, por el mismo sistema, indicará el número con el cual queda registrado el generador y la categoría de generación asignada.</p>	<p>En caso de ser necesario, se realizará el registro respectivo de conformidad con lo descrito en el presente artículo.</p>
4.	<p>Artículo 46.- Los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos deberán:</p>	<p>En caso de caer en este supuesto, se atenderán las acciones enlistadas en este artículo.</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	<p>I. Identificar y clasificar los residuos peligrosos que generen;</p> <p>II. Manejar separadamente los residuos peligrosos y no mezclar aquéllos que sean incompatibles entre sí, en los términos de las normas oficiales mexicanas respectivas, ni con residuos peligrosos reciclables o que tengan un poder de valorización para su utilización como materia prima o como combustible alternativo, o bien, con residuos sólidos urbanos o de manejo especial;</p> <p>III. Envasar los residuos peligrosos generados de acuerdo con su estado físico, en recipientes cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad para su manejo conforme a lo señalado en el presente Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes;</p> <p>IV. Marcar o etiquetar los envases que contienen residuos peligrosos con rótulos que señalen nombre del generador, nombre del residuo peligroso, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén y lo que establezcan las normas oficiales mexicanas aplicables;</p> <p>V. Almacenar adecuadamente, conforme a su categoría de generación, los residuos peligrosos en un área que reúna las condiciones señaladas en el artículo 82 del presente Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes, durante los plazos permitidos por la Ley;</p> <p>VI. Transportar sus residuos peligrosos a través de personas que la Secretaría autorice en el ámbito de su competencia y en vehículos que cuenten con carteles correspondientes de acuerdo con la normatividad aplicable;</p> <p>VII. Llevar a cabo el manejo integral correspondiente a sus residuos peligrosos de acuerdo con lo dispuesto en la Ley, en este Reglamento y las normas oficiales mexicanas correspondientes;</p> <p>VIII. Elaborar y presentar a la Secretaría los avisos de cierre de sus instalaciones cuando éstas dejen de operar o cuando en</p>	

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	<p>las mismas ya no se realicen las actividades de generación de los residuos peligrosos, y</p> <p>IX. Las demás previstas en este Reglamento y en otras disposiciones aplicables.</p> <p>Las condiciones establecidas en las fracciones I a VI rigen también para aquellos generadores de residuos peligrosos que operen bajo el régimen de importación temporal de insumos.</p>	
5.	<p>Artículo 82: Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos de pequeños y grandes generadores, así como de prestadores de servicios deberán cumplir con las condiciones siguientes, además de las que establezcan las normas oficiales mexicanas para algún tipo de residuo en particular.</p>	<p>Durante el desarrollo de las diversas obras y actividades sujetas a evaluación, se tiene destinado un área de almacenamiento temporal dentro del predio conforme las características y especificaciones establecidas en los artículos del Reglamento en cuestión y las mismas características de los residuos en cuestión. De igual forma, dentro de los esquemas de gobernanza y procuración de la Promovente, se verá que los proveedores de servicios asociados a la cadena de manejo integral de residuos, de una u otra naturaleza, sean de los autorizados por la autoridad competente y sus actividades se sujeten a las reglas, normas y disposiciones aplicables.</p>
6.	<p>Artículo 83: El almacenamiento de residuos peligrosos por parte de microgeneradores se realizará de acuerdo con lo siguiente:</p> <p>I. En recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios;</p> <p>II. En lugares que eviten la transferencia de contaminantes al ambiente y garantice la seguridad de las personas de tal manera que se prevengan fugas o derrames que puedan contaminar el suelo, y</p> <p>III. Se sujetará a lo previsto en las normas oficiales mexicanas que establezcan previsiones específicas para la microgeneración de residuos peligrosos.</p>	<p>La Promovente realizará el almacenamiento temporal de residuos peligrosos en su carácter de microgenerador, observando la temporalidad limitada a que refiere esta disposición reglamentaria, de conformidad con lo establecido en las medidas del Capítulo 6 de la presente MIA-R.</p>
7.	<p>Artículo 84: Los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un periodo mayor a seis meses.</p>	
8.	<p>Artículo 85: Quienes presten servicios de recolección y transporte de residuos peligrosos deberán cumplir con lo siguiente:</p> <p>I. Verificar que los residuos peligrosos de que se trate estén debidamente etiquetados e identificados y, en su caso, envasados y embalados;</p> <p>II. Contar con un plan de contingencias y el equipo necesario para atender cualquier emergencia ocasionada por fugas, derrames o accidentes;</p> <p>III. Contar con personal capacitado para la recolección y transporte de residuos</p>	<p>Las actividades de recolección y transporte de residuos se llevarán a cabo a través de una empresa prestadora de servicios, la cual presentará las autorizaciones correspondientes que acrediten que están calificados para realizar estas actividades. Estos certificados que autoricen a la empresa deberán estar expedidos por autoridades competentes en la materia y actualizarse de acuerdo a las disposiciones aplicables.</p> <p>Para el transporte de residuos peligrosos, se exigirá la generación de los manifiestos</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	<p>peligrosos;</p> <p>IV. Solicitar al generador el original del manifiesto correspondiente al volumen de residuos peligrosos que vayan a transportarse, firmarlo y guardar las dos copias que del mismo le corresponden;</p> <p>V. Observar las características de compatibilidad para el transporte de los residuos peligrosos, y</p> <p>VI. Los residuos que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad no podrán ser transportados junto con ningún otro tipo de residuos peligrosos.</p>	<p>respectivos los cuales se conservarán en las oficinas administrativas del operador del Proyecto a disposición de las autoridades competentes y se observarán todas las disposiciones aplicables a la recolección, transporte, revalorización o disposición final según corresponda y de acuerdo a los planes estatales o municipales que apliquen en la zona a los que se sujetará la Promovente.</p>
9.	<p>Artículo 86: El procedimiento para llevar a cabo el transporte de residuos peligrosos se desarrollará de la siguiente manera:</p> <p>I. Por cada embarque de residuos, el generador deberá entregar al transportista un manifiesto en original, debidamente firmado y dos copias del mismo, en el momento de entrega de los residuos;</p> <p>II. El transportista conservará una de las copias que le entregue el generador, para su archivo, y firmará el original del manifiesto, mismo que entregará al destinatario junto con una copia de éste, en el momento en que le entregue los residuos peligrosos Para su tratamiento o disposición final;</p> <p>III. El destinatario de los residuos peligrosos conservará la copia del manifiesto que le entregue el transportista, para su archivo, y firmará el original, mismo que deberá remitir de inmediato al generador, y</p> <p>IV. Si transcurrido un plazo de sesenta días naturales, contados a partir de la fecha en que la empresa de servicios de manejo correspondiente reciba los residuos peligrosos para su transporte, no devuelve al generador el original del manifiesto debidamente firmado por el destinatario, el generador deberá informar a la Secretaría de este hecho a efecto de que dicha dependencia determine las medidas que procedan.</p>	
10.	<p>Artículo 87: Los envases que hayan estado en contacto con materiales o residuos peligrosos podrán ser reutilizados para contener el mismo tipo de materiales o residuos peligrosos u otros compatibles con los envasados originalmente, siempre y cuando dichos envases no permitan la liberación de los materiales o residuos peligrosos contenidos en ellos.</p> <p>Los envases vacíos que contuvieron</p>	<p>La empresa que sea contratada para la recolección y transporte de los residuos generados durante el desarrollo del proyecto, deberán ajustarse los criterios establecidos en los planes de manejo así como a las disposiciones legales aplicables en la materia, y en temas de reutilización envases y/o reciclaje de residuos que lo requieran, se guiarán conforme lo establecido en los artículos citados en este reglamento y en</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	agroquímicos o plaguicidas o sus residuos se sujetarán a los criterios establecidos en los planes de manejo, en la norma oficial mexicana correspondiente u otras disposiciones legales aplicables.	caso de que no se encuentre en este ordenamiento, deberán consultar la Ley de Infraestructura de la Calidad.

3.6.3 Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre

El presente Reglamento es accesorio a la Ley General de Vida Silvestre, estableciendo a detalle requisitos para las actividades relacionadas con la vida silvestre (Diario Oficial de la Federación, 2014).

Tabla 3. 15. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre.

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
1.	<p>Artículo 12. Las personas que pretendan realizar cualquier actividad relacionada con hábitat, especies, partes o derivados de vida silvestre y que conforme a la Ley requieran licencia, permiso o autorización de la Secretaría, presentarán la solicitud correspondiente en los formatos que para tal efecto establezca la Secretaría, los cuales deberán contener:</p> <p>I. Nombre, denominación o razón social, domicilio para oír y recibir notificaciones, así como teléfono, fax o correo electrónico;</p> <p>II. Número de registro correspondiente, en caso de que se trate de una UMA previamente establecida;</p> <p>III. Nombre del representante legal o nombre de las personas autorizadas para oír y recibir notificaciones;</p> <p>IV. Firma autógrafa o electrónica del interesado;</p> <p>V. Lugar y fecha de la solicitud;</p> <p>VI. Información que el promovente considere confidencial, reservada o comercial reservada en los términos previstos en el artículo 19 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, y</p> <p>VII. Información particular requerida para cada trámite específico, de conformidad con la Ley y este Reglamento.</p> <p>En cada trámite que se realice deberá presentarse copia de la identificación oficial o el acta constitutiva en caso de personas morales, o bien, el número de Registro de Personas Acreditadas en caso de contar con el mismo.</p>	<p>En cumplimiento a criterio urbano URB 36 del POEL BJ, se presenta como parte de esta MIA-R el Plan de Manejo para el mantenimiento y restauración del manglar, a fin de que éste sea analizado como parte del procedimiento de evaluación del impacto ambiental del Proyecto previa opinión de la Dirección General de Vida Silvestre.</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	<p>Los formatos a los que hace referencia el presente artículo se publicarán en el Diario Oficial de la Federación y estarán disponibles al público en las oficinas de la Secretaría o en su página electrónica y serán de libre reproducción.</p> <p>Los informes, avisos y solicitudes a los que hace referencia la Ley y este Reglamento podrán presentarse por escrito o por medio electrónico, a elección del particular, para lo cual se establecerán las direcciones físicas o electrónicas en el portal de la Secretaría.</p>	
2.	<p>Artículo 30. Para obtener el registro de UMA en aquellas unidades que realicen actividades de aprovechamiento sustentable, los interesados señalarán en su solicitud el tipo de manejo que pretenda realizarse, proporcionarán la información a que se refiere el artículo 12 del presente Reglamento y anexarán la documentación siguiente:</p> <p>I. Copia de los documentos que acrediten los derechos de propiedad o legítima posesión de los predios o instalaciones;</p> <p>II. El plan de manejo o carta de adhesión a los planes de manejo tipo establecidos por la Secretaría;</p> <p>III. Descripción de las características físicas y biológicas del predio, que incluya carta topográfica del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática o la porción digitalizada del mismo, escala 1:50,000 o de escala adecuada al tamaño del predio, a efecto de trazar el polígono georeferenciado de la unidad de manejo, en que se señalen las coordenadas UTM e indiquen las colindancias mediante el trazo de caminos, rutas de acceso y, en su caso, instalaciones y estructuras tales como encierros, bardas, cercos, espiaderos, comederos, bebederos u otras estructuras que el interesado considere relevantes para la ubicación, y</p> <p>IV. En caso de manejo intensivo, deberá presentarse el inventario de ejemplares acompañados de la documentación que acredite su legal procedencia.</p> <p>V. Cuando se trata de manejo en vida libre de fauna silvestre se deberá presentar el estudio de población de las especies que se pretendan aprovechar, conforme a los términos de referencia a que se refiere el artículo 30 Bis de este Reglamento.</p> <p>El formato de carta de adhesión a que se refiere la fracción II del presente artículo, se publicará en el Diario Oficial de la Federación y estará disponible tanto en la página electrónica de la Secretaría como en las oficinas de dicha dependencia.</p>	<p>En cumplimiento a criterio urbano URB 36 del POEL BJ, se presenta como parte de esta MIA-R el Plan de Manejo para el mantenimiento y restauración del manglar, a fin de que éste sea analizado como parte del procedimiento de evaluación del impacto ambiental del Proyecto previa opinión de la Dirección General de Vida Silvestre.</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	La Secretaría sólo otorgará el registro, previa evaluación y aprobación del plan de manejo presentado.	

3.6.4 Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.

El presente Reglamento tiene como objeto regular lo que se refiere al uso, aprovechamiento, control, administración, inspección y vigilancia de las playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas y de los bienes que formen parte de los recintos portuarios que estén destinados para instalaciones y obras marítimo portuarias (Diario Oficial de la Federación, 1991).

Tabla 3. 16. Vinculación del Proyecto con el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
1.	<p>Artículo 5.- Las playas, la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar, o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, son bienes de dominio público de la Federación, inalienables e imprescriptibles y mientras no varíe su situación jurídica, no están sujetos a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional.</p> <p>Corresponde a la Secretaría poseer, administrar, controlar y vigilar los bienes a que se refiere este artículo, con excepción de aquellos que se localicen dentro del recinto portuario, o se utilicen como astilleros, varaderos, diques para talleres de reparación naval, muelles, y demás instalaciones a que se refiere la Ley de Navegación y Comercio Marítimos; en estos casos la competencia corresponde a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.</p>	<p>El trazo donde se planea se ubique el Proyecto invade en diversos tramos áreas de ZOFEMAT (no ubicadas en recintos portuarios), por lo que administración, control y vigilancia corresponderá a la SEMARNAT a través de la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y de Ambientes Costeros.</p>
2.	<p>Artículo 7.- Las playas y la zona federal marítimo terrestre podrán disfrutarse y gozarse por toda persona sin más limitaciones y restricciones que las siguientes:</p> <p>I. La Secretaría dispondrá las áreas, horarios y condiciones en que no podrán utilizarse vehículos y demás actividades que pongan en peligro la integridad física de los usuarios de las playas, de conformidad con los programas maestros de control;</p> <p>II. Se prohíbe la construcción e instalación de elementos y obras que impidan el libre tránsito por dichos bienes, con excepción de aquéllas que apruebe la Secretaría</p>	<p>Como se evidencia del contenido de la presente MIA-R, el trazo del Proyecto no presupone afectación al libre tránsito en dichas zonas, o en todo caso, dicha afectación estaría sustentada en el Programa de Desarrollo Urbano Municipal de Benito Juárez (que prevé al Proyecto como estratégico, el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez,</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	<p>atendiendo las normas de desarrollo urbano, arquitectónicas y las previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; y</p> <p>III. Se prohíbe la realización de actos o hechos que contaminen las áreas públicas de que trata el presente capítulo.</p>	<p>Quintana Roo (que permite la construcción y operación de obras de equipamiento urbano, como el puente vehicular) y la propia LGEEPA que únicamente sujeta su factibilidad a la obtención de la Autorización de Impacto Ambiental y demás permisos requeridos.</p> <p>Finalmente, derivado de la naturaleza y características del Proyecto, no se prevén actos o hechos que provoquen la contaminación de la ZOFEMAT, dadas las medidas de prevención establecidas para todas las etapas del Proyecto en la MIA-R.</p>
3.	<p>Artículo 22.- La Secretaría mediante el acuerdo correspondiente, destinará al servicio de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, de los gobiernos estatales o municipales, las áreas de zona federal marítimo terrestre o de terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas que se requieran usar, aprovechar o explotar.</p> <p>Las dependencias o entidades de la Administración Pública Federal o de los gobiernos de los estados o de los municipios, que para el cumplimiento de los fines públicos a su cargo requieran se destinen a su servicio áreas de zona federal marítimo terrestre o de terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas, deberán presentar solicitud escrita a la Secretaría, precisando el área que requieran, así como el uso, aprovechamiento o explotación que vayan a darles, anexando croquis de localización de las mismas, así como los proyectos y planos de las obras a ejecutarse y demás requisitos que conforme a las leyes y reglamentos sean necesarios.</p>	<p>Dado que como se ha mencionado, el trazo del Proyecto invade en ciertas secciones áreas consideradas como ZOFEMAT (algunas destinadas o concesionadas), se solicitará ante la SEMARNAT a través de la Dirección General de ZOFEMAT y Ambientes Costeros el Acuerdo de Destino de la ZOFEMAT correspondiente previa liberación mediante alguna de las alternativas establecidas en el punto 3.3.1, anterior. [Por lo que se refiere a las concesiones de ZOFEMAT en favor de un tercero (en la parte final del trazo), se gestionará con el mismo su renuncia para su ocupación por la promovente mediante Acuerdo de Destino].</p>
4.	<p>Artículo 29.- Los concesionarios de la zona federal marítimo terrestre, de los terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, están obligados a:</p> <p>I. Ejecutar únicamente el uso, aprovechamiento o explotación consignado en la concesión;</p> <p>II. Iniciar el ejercicio de los derechos consignados en la concesión, a partir de la fecha aprobada por la Secretaría;</p> <p>III. Iniciar las obras que se aprueben, dentro de los plazos</p>	<p>En paralelo a la obtención de la AIA solicitada en esta vía, se gestionará la obtención del Acuerdo de Destino de ZOFEMAT correspondiente incluyendo la preparación del sitio, construcción, operación y demás fases del Proyecto y únicamente se llevarán a cabo dichas acciones una vez obtenidas la AIA, el Acuerdo de Destino y demás autorizaciones, permisos o licencias requeridas.</p>

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	<p>previstos en la concesión, comunicando a la Secretaría de la conclusión dentro de los tres días hábiles siguientes;</p> <p>IV. Responder de los daños que pudieran causarse por defectos o vicios en las construcciones o en los trabajos de reparación o mantenimiento;</p> <p>V. Cubrir los gastos de deslinde y amojonamiento del área concesionada;</p> <p>VI. Mantener en óptimas condiciones de higiene el área concesionada;</p> <p>VII. Cumplir con los ordenamientos y disposiciones legales y administrativas de carácter federal, estatal o municipal;</p> <p>VIII. Coadyuvar con la Secretaría en la práctica de las inspecciones que ordene en relación con el área concesionada;</p> <p>IX. Realizar únicamente las obras aprobadas en la concesión, o las autorizadas posteriormente por la Secretaría;</p> <p>X. Desocupar y entregar dentro del plazo establecido por la Secretaría las áreas de que se trate en los casos de extinción de las concesiones; y</p> <p>XI. Cumplir con las obligaciones que se establezcan a su cargo en la concesión.</p>	<p>Asimismo, tal y como se detalla en el Capítulo 6 de la MIA-R, el promovente dará cumplimiento a todas y cada una de las obligaciones previstas en las disposiciones (incluidas, ZOFEMAT) durante la vida útil del Proyecto.</p>

3.7 LEYES, REGLAMENTOS Y NORMATIVIDAD ESTATAL

3.7.1 Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo

La Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo tiene como uno de sus objetivos establecer los criterios para armonizar la planeación y la ordenación de los asentamientos humanos con el ordenamiento sustentable del territorio y la seguridad de sus habitantes (POEQROO, 2018).

Tabla 3. 17. Vinculación del Proyecto con la Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo.

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
1.	<p>Artículo 81. El Ejecutivo del Estado, por conducto de la Secretaría, podrá autorizar y en su caso expedir, negar, cancelar, condicionar y exigir la Constancia de Compatibilidad Territorial en los siguientes casos:</p> <p>II. Vialidades primarias, tales como periféricos y libramientos;</p> <p>VI. Todas las acciones urbanísticas mayores de dos mil quinientos metros cuadrados de superficie o de mil quinientos metros cuadrados de construcción;</p>	<p>A través del oficio AGEPRO/DDG/CGPRO/0161/VII/2021, la Agencia de Proyectos Estratégicos del Estado de Quintana Roo presentó la solicitud a la Secretaría de Desarrollo Territorial Urbano Sustentable el análisis y calificación para, en su caso, la expedición de la Constancia de Compatibilidad Territorial respecto al proyecto denominado “Puente Vehicular Nichupté” en términos de lo establecido en esta Ley.</p> <p>De esta forma, la autoridad competente, a través del oficio SEDETUS/DSDTUS/SSAT/0035/2021 (ANEXO 3.1), determinó que con base en las características y objetivo del Proyecto, éste no encuadra en alguna de las tipologías y/o modalidades que requieren obtener una Compatibilidad Territorial, por lo que se omite la presentación de este trámite estatal.</p>
2.	<p>Artículo 178. La licencia de construcción es el documento expedido por las autoridades competentes, por medio del cual se autoriza a los propietarios o poseedores de un predio para construir, restaurar, ampliar, modificar, reparar o demoler una edificación o instalación.</p> <p>Este documento será indispensable para el inicio y ejecución de la construcción de cualquier obra o edificación. La falta de este documento en el inicio y ejecución de la construcción, conllevará en su caso, la aplicación de sanciones administrativas, económicas, civiles, penales según sea el caso.</p>	<p>Previo al desarrollo del Proyecto, se obtendrá la Licencia en comento.</p>

3.7.2 Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo.

La Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo tiene como objeto mitigar las emisiones y lograr un territorio mejor adaptado a los potenciales impactos del cambio climático, estableciendo el marco para la planeación y la ejecución de las políticas de adaptación, de acuerdo con el conocimiento científico existente (POEQROO, 2013).

Tabla 3. 18. Vinculación del Proyecto con la Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo.

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
1.	Artículo 4. Los habitantes del Estado deberán participar, de manera ordenada y activa, en la mitigación y prevención de la vulnerabilidad ante el cambio climático.	Como se menciona en apartados anteriores, en el capítulo 6 se desarrollan las medidas de mitigación y compensación tendientes al mejoramiento y rehabilitación del manglar cuya finalidad es evitar el deterioro del ecosistema, como acción en contra del cambio climático.

3.7.3 Reglamento de Construcciones del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo

Tabla 3. 19. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de Construcciones del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

No.	Regulación Aplicable	Análisis de observancia del proyecto
1.	Artículo 53.- El propietario o representante legal deberá obtener de la Dirección, la constancia de uso de suelo para la expedición de las licencias y autorizaciones de construcción conforme a lo establecido en los artículos 54 y 56 de este Reglamento.	Dicha Licencia se obtendrá previo al desarrollo del Proyecto.
2.	Artículo 54.- La Licencia de Construcción o permiso relativo o inherente, es el documento expedido por el que se autoriza a los propietarios o poseedores de un predio, a realizar cualquiera de las siguientes acciones de construcción, según sea el caso, para: I.- Obra nueva.	Dicha Licencia se obtendrá previo al desarrollo del Proyecto.
3.	Artículo 56.- La solicitud de licencia de construcción será presentada de acuerdo a los requisitos señalados a continuación: I.- CONSTRUCCIÓN DE OBRA NUEVA.- Se considera toda obra donde no exista construcción previa en el predio.	Dicha Licencia se obtendrá previo al desarrollo del Proyecto.
4.	Artículo 59.- Las obras e instalaciones que a continuación se indican, requieren de Licencia de Construcción específica: I.- Las excavaciones o cortes de cualquier índole cuya profundidad sea mayor de sesenta centímetros.	Dicha Licencia se obtendrá previo al desarrollo del Proyecto.

3.7.4 Reglamento de LEEPA del Estado de Quintana Roo en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

Como su nombre lo indica, este Reglamento tiene por objeto reglamentar la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Quintana Roo, en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (POEQROO, 2011).

Tabla 3. 20. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de LEEPA del Estado de Quintana Roo en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

Regulación Aplicable	Análisis de observancia del proyecto
Artículo 5.- En apego a las atribuciones establecidas en la Ley, corresponden al Ejecutivo del Estado, por conducto de la Secretaría, las siguientes actividades: [...] 5. La regulación de emisiones y transferencia de contaminantes a la atmósfera y al agua generada por Fuentes Fijas y Móviles de competencia Estatal, y la generada por establecimientos que realicen alguna de las actividades señaladas en el Listado de Actividades Riesgosas para el Estado de Quintana Roo;	Se realizarán los trámites correspondientes a la regulación de emisiones y transferencia de contaminantes a la atmósfera de conformidad con lo dispuesto en esta norma y la demás reglamentación aplicable.

3.7.5 Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático en Quintana Roo

El Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático de Quintana Roo (PEACCQR) retoma diversas acciones, estrategias y recomendaciones vertidas desde hace una más década en diferentes instrumentos para ligarlas en un Plan de acción de mediano plazo orientado de manera específica para brindar alternativas de solución a los problemas consecuencia de los efectos del cambio climático que ya hoy se presentan en el estado y al mismo tiempo sentar las bases de un manejo de los recursos en un contexto que prevea los efectos de dicho cambio climático sobre la población, las actividades económicas y los recursos naturales de Quintana Roo (Universidad de Quintana Roo, 2013).

En este tenor, el PEACCQR establece Medidas de adaptación al Cambio Climático dirigidas a diversos entes gubernamentales para los diferentes sectores productivos, incluyendo, el sector turístico.

Sin perjuicio de que las medidas recién descritas consideren como responsables a las autoridades pertinentes, la promovente considerará su implementación dentro del desarrollo del Proyecto, como por ejemplo las siguientes acciones:

Tabla 3. 21. Vinculación del Proyecto con el PEACCQR.

Efecto en el Cambio Climático	Medidas de Adaptación	Análisis de observancia del proyecto
Daños a Infraestructura	Promover la elaboración de normas y reglamentos específicos para estudios, proyectos, construcción e instalaciones de infraestructura adaptada a los efectos del cambio climático (aumento en la incidencia de huracanes, inundaciones, aumento de temperatura, etc.)	En virtud de que la zona en donde se realizará el proyecto se encuentra expuesta a la incidencia de tormentas, huracanes e inundaciones en ciertas épocas del año, el Protocolo integrará acciones con base a lo que establezca Protección Civil y se establecerá un Plan de Contingencias de acuerdo con el CENECAM (Centro Estatal de Emergencias de Quintana Roo), en donde se describirán las acciones para la atención a emergencias y establecimiento de las brigadas que atenderán dichas acciones, así como los directorios telefónicos para la notificación y atención a emergencias. En este sentido, dichas acciones se encontrarán dentro del Programa de Seguridad y Atención a Contingencias como parte del SGAS del Proyecto.
Daños a Infraestructura	Fomentar entre el sector turístico el uso de buenas prácticas ambientales para la planeación, diseño y construcción sustentable.	El diseño del proyecto, su procedimiento de construcción y operación, están alineados y congruentes con diferentes instrumentos de planeación. Atiende a los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS).
Degradación de Ecosistemas	Elaborar estudios para determinar la huella de carbono de los turistas	Se se prevé que en el área de estudio las emisiones vehiculares contaminantes no alcanzarán una concentración importante en la atmosfera ya que las condiciones atmosféricas prevalecientes son suficientes para dispersar las emisiones al medio, que cuenta con un fuerte valor de resiliencia para soportar el impacto.

3.8 PLANES Y PROGRAMAS SECTORIALES Y DE DESARROLLO

El Plan Nacional de Desarrollo establece las directrices que la sociedad y el gobierno tienen para avanzar y mejorar como País. Este documento traza los grandes objetivos de las políticas públicas, establece las acciones específicas para alcanzarlos y precisa indicadores que permitirán medir los avances obtenidos. De acuerdo con la Ley de Planeación, todos los Programas Sectoriales, Especiales, Institucionales y Regionales que definen las acciones del gobierno, deberán elaborarse en congruencia con el Plan.

3.8.1 Plan Nacional de Desarrollo

El artículo 25 de la Constitución ordena al Estado mexicano velar por la estabilidad de las finanzas públicas y del sistema financiero; planificar, conducir, coordinar y orientar la economía; regular y fomentar las actividades económicas; y por su parte, el artículo 26 establece que el Estado deberá organizar un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, competitividad, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la nación (Diario Oficial de la Federación, 2019).

El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 publicado el 12 de julio de 2019 establece, entre otros temas, el compromiso del Estado Mexicano para impulsar el desarrollo sostenible pues se ha dado cuenta de que es un factor indispensable para el bienestar de la población, por lo que se compromete a satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

El desarrollo del Proyecto coincide con las diferentes acciones y estrategias propuestas por el poder ejecutivo federal, principalmente con los siguientes lineamientos:

- Honradez y honestidad
- No al gobierno rico con pueblo pobre
- Al margen de la ley, nada; por encima de la ley, nadie
- Economía para el bienestar
- El mercado no sustituye al Estado
- Por el bien de todos, primero los pobres
- No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera
- No puede haber paz sin justicia
- El respeto al derecho ajeno es la paz
- No más migración por hambre o por violencia
- Democracia significa el poder del pueblo
- Ética, libertad, confianza

El desarrollo del Proyecto coincide con las diferentes acciones y estrategias propuestas por el poder ejecutivo federal, principalmente con los siguientes lineamientos:

DETONAR EL CRECIMIENTO: El desarrollo del Proyecto coincide con los criterios de mejores prácticas socioambientales y de empresa responsable, lo que se relaciona en su totalidad con este lineamiento del PND.

IMPULSAR LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, EL MERCADO INTERNO Y EL EMPLEO: Se vincula el Proyecto con esta línea de acción del gobierno federal y se compromete a ser generador de empleos bien remunerados y con capacitación de gran nivel.

Por otra parte, el PND señala en su apartado II. POLÍTICA SOCIAL, Desarrollo Sostenible, señala que México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible (incluyendo mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos)

De esta forma, para establecer la compatibilidad del Proyecto con el PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024 se deberá asegurar que el Proyecto sea sustentable en los ámbitos descritos en el presente párrafo.

3.8.2 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024 (PROMARNAT) tiene como objetivo la búsqueda del bienestar de las personas, todo ello de la mano de la conservación y recuperación del equilibrio ecológico en las distintas regiones del país. El actuar del Programa se inspira y tiene como base el principio de impulso al desarrollo sostenible establecido en el PND, considerado como uno de los factores más importantes para lograr el bienestar de la población (Diario Oficial de la Federación, 2020).

De esta forma, a continuación, se enlistan los cinco Objetivos prioritarios del PROMARNAT:

1.- Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con enfoque territorial y de derechos humanos, considerando las regiones bioculturales, a fin de mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población.

2.- Fortalecer la acción climática a fin de transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes, con el apoyo de los conocimientos científicos, tradicionales y tecnológicos disponibles.

3.- Promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.

4.- Promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano.

5.- Fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable en las decisiones de política pública, asegurando el acceso a la justicia ambiental con enfoque territorial y de derechos humanos y promoviendo la educación y cultura ambiental.

En tal virtud, el Proyecto deberá de acatar lo establecido principalmente en los objetivos 1, 2 y 4. Éste último, señala dentro de sus acciones que para reducir las repercusiones de la contaminación atmosférica urbana y rural sobre la salud pública, en nuestro país es preciso impulsar una mejor gestión integral del desempeño ambiental, basada en el monitoreo y evaluación con información de calidad, suficiente, constante y transparente. Asimismo, identifica la necesidad de controlar las fuentes principales de emisión, incluyendo la industria de generación de energía eléctrica. Lo anterior, en concordancia con la Agenda 2030, específicamente el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado con garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.

3.8.3 Programas Estatales

Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté (Diario Oficial de la Federación, 2015).

Tabla 3. 22. Vinculación del Proyecto con el Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté-

No.	Regulación Aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
1.	<p>Zona de Influencia.</p> <p>De conformidad con lo señalado por los artículos 3º, fracción XIV y 74 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas, la Zona de Influencia del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté está constituida por la superficie adyacente a su poligonal que mantiene una estrecha interacción social, económica y ecológica con ésta.</p>	<p>El Proyecto es viable toda vez que: (i) se encuentra ubicado fuera del polígono del ANP Manglares de Nichupté; y (ii) en su zona de influencia no se prohíbe la construcción y operación de vías generales de comunicación.</p> <p>Lo anterior, en adición a que como se ha evidenciado en la presente MIA-R, los impactos ambientales del Proyecto</p>

No.	Regulación Aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
	<p>Abarca una superficie de 33 mil 500 hectáreas e incluye hacia el norte las lagunas costeras Manatí y Chacmuchuc y una franja marina; hacia el oeste el núcleo poblacional que conforma la ciudad de Cancún y la zona ejidal denominada Alfredo V. Bonfil; hacia el sur los humedales del municipio de Benito Juárez, un complejo turístico de propiedad privada, excepto el polígono desincorporado del Área Natural Protegida por juicio de amparo número 536/2008, y hacia el este el sistema lagunar y la zona hotelera de Cancún.</p> <p>En esta porción de la Zona de Influencia se lleva a cabo una conectividad ecológica importante con el Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté que incluye una interacción hidrológica, biológica, geológica, atmosférica, económica, social y escénica. En cuanto a la relación biológica, se puede mencionar la presencia de áreas de reproducción de alevines y formas juveniles de vertebrados e invertebrados en el manglar, que en su etapa adulta conforman una parte de la fauna arrecifal del Área Natural Protegida aledaña al Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc. Existe también una importante conectividad geohidrológica con los sistemas lagunares del norte y los humedales del sur del estado.</p>	<p>serían contenidos, evaluados, mitigados y compensados durante todas las etapas del Proyecto.</p>

3.9 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD RELATIVA AL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en su artículo 26 que el Estado Mexicano organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional, señalando mecanismos de participación que acumulen las demandas de la sociedad para ser incorporadas a un plan y programas de desarrollo al que se someterán los programas de la Administración Pública Federal al cual también se apegaran estados y municipios.

Asimismo, y tal como lo prevé el artículo 2º de la Ley de Planeación, el Sistema Nacional de Planeación deberá llevarse a cabo como un medio para el eficaz desempeño de la responsabilidad del Estado sobre el desarrollo integral y sustentable del país, y deberá tender a la consecución de los fines y objetivos políticos, sociales, culturales y económicos contenidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Figura 3. 7. Esquema de cumplimiento de Ordenamiento Ecológico



De esta manera, encontramos que en los tres niveles de gobierno de nuestro país se han generado diversos instrumentos de planeación que tienen por objeto definir los alcances y objetivos de las políticas públicas nacionales en materia económica, ambiental, urbana, turística, entre otras; los cuales se vinculan con el Proyecto a continuación.

3.9.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) tiene por objeto llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la Nación ejerce su soberanía, identificando áreas de atención prioritaria en materia ambiental, teniendo como objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para promover, la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (Diario Oficial de la Federación, 2012).

El POETG clasifica al país en 80 Regiones Ecológicas y 145 Unidades Ambientales Biofísicas (“UAB”) que han sido generadas y regionalizadas conforme a cuatro criterios: (i) clima, (ii) relieve, (iii) vegetación, y (iv) suelo.

Bajo ese tenor y debido a la ubicación geográfica del Proyecto, éste se encuentra localizado dentro de la Región Ecológica número 17.33 y la UAB número 62 denominada **Karst de Yucatán y Quintana Roo**, como se puede apreciar en la Figura 3.5.

Es importante destacar que el diagnóstico del POEGT para esta UAB fue realizado en el año 2008, momento en el que se consideraba inestable y representaba un conflicto sectorial importante, proyectando un escenario ambiental para el año 2033 de inestable a crítico. Además, el POEGT señala que la política ambiental aplicable a esta región y UAB es Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable y su prioridad de atención alta.

Figura 3. 8. Identifica la Región Ecológica 62, denominada Karst de Yucatán y Quintana Roo, perteneciente al Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.



Las características de la UAB 62 se describen en la Tabla a continuación.

Tabla 3. 23. Señala las estrategias de la Unidad Ambiental Biofísica 62 (POEGT)

UAB	Nombre de la UBA	Rectores de Desarrollo	Coadyuvantes del Desarrollo	Asociados del Desarrollo	Otros sectores de interés	Política Ambiental	Nivel de atención prioritaria	Estrategias
62	Karst de Yucatán y Quintana Roo.	Preservación de Flora y Fauna	Desarrollo Social-Forestal	Agricultura - Ganadería	Pueblos Indígenas	Restauración, protección y aprovechamiento sustentable	Alta	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 36, 37, 38, 39,40, 41, 42, 43, 44.

El 07 de septiembre de 2012 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el ACUERDO por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, en dicho acuerdo se indica lo siguiente:

“De conformidad con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el ordenamiento ecológico se define como el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

La planeación ambiental en México, se lleva a cabo mediante diferentes instrumentos entre los que se encuentra el ordenamiento ecológico, que es considerado uno de los principales instrumentos con los que cuenta la política ambiental mexicana. Tiene sustento en la LGEEPA y su Reglamento en Materia de Ordenamiento Ecológico (ROE). Se lleva a cabo a través de programas en diferentes niveles de aplicación y con diferentes alcances, así tenemos: el General, los Marinos, los Regionales y los Locales. La formulación, aplicación y evaluación del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) y de los Marinos, es facultad de la Federación, la cual se ejerce a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, específicamente, a través de la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial de la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, en coordinación con la Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas del Instituto Nacional de Ecología.

El ROE establece que el objeto del POEGT es llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y

jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial. Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF); orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la APF.

El POEGT promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la APF -a quienes está dirigido este Programa- que permite generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las regiones ecológicas identificadas en el territorio nacional.”

En vista de lo anterior se advierte que el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, contiene estrategias dirigidas a la Administración Pública Federal, por lo tanto, únicamente son de observancia para efectos de este proyecto. Sin embargo, a efecto de demostrar que el proyecto da puntual cumplimiento a las estrategias planteadas por el POEGT correspondientes a la UAB 62 y aplicables al Proyecto, se ha desarrollado el siguiente análisis y ejercicio de vinculación únicamente respecto de las estrategias que resultan directamente aplicables al Proyecto. Aquellas estrategias correspondientes a la UAB 62 que no se mencionan en el cuadro siguiente no resultan aplicables al Proyecto.

Tabla 3. 24. Vinculación con las estrategias del POEGT.

Estrategias UAB 62		
A) PRESERVACION	1. Conservación <i>in situ</i> de los ecosistemas y su biodiversidad.	SE CUMPLE Las obras y actividades que integran el Proyecto tendrán como principal objetivo la recuperación, conservación y protección del ecosistema costero en que se encuentra inmerso el trazo del Proyecto.
	2. Recuperación de especies en riesgo	SE CUMPLE El Proyecto contempla el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar, descrito en el Capítulo 6 de la presente MIA-R; el cual incluye acciones de

		rescate y reubicación de biota marina, por ejemplo, capturar y reubicar a los ejemplares de biota marina que se encuentren en áreas de aprovechamiento del proyecto y reubicarlos en áreas de conservación.
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	SE CUMPLE El Proyecto contempla el Programa de Monitoreo Ambiental y el Programa de Supervisión Ambiental, se contemplan acciones referentes al monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.
APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	SE CUMPLE Como se menciona en apartados anteriores, el Proyecto incluye el desarrollo del <i>Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar</i> , descrito en el Capítulo 6 de la presente MIA-R; el cual tiene como finalidad generar una tasa cero por remoción de individuos de mangle, es decir, que a través de las medidas de este programa, se recupere la cobertura que ocupaban, se mejore la calidad ambiental.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	NO APLICA
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	NO APLICA
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	NO APLICA
	8. Valoración de los servicios ambientales.	SE CUMPLE Con el objeto de dar cumplimiento a este lineamiento, se presenta la MIA-R evaluando los posibles impactos ambientales y proponiendo medidas para prevenir, mitigar o compensar los mismos.
	C) Protección de los Recursos Naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.
10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.		SE CUMPLE La promovente da cumplimiento a esta estrategia, ya que este proyecto no representa un factor de presión a los acuíferos de la zona.
11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por		NO APLICA

	CONAGUA.	
	12. Protección de los ecosistemas.	SE CUMPLE Como se mencionó en el Capítulo 6 de la presente MIA-R, el Proyecto cuenta con las medidas necesarias para proteger a los ecosistemas presentes en el predio y área de estudio.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	NO APLICA No se planea la utilización de agroquímicos.
D) Restauración	14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	NO APLICA
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales renovables y actividades económicas de producción de servicios.	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	NO APLICA
	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	NO APLICA
	23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	SE CUMPLE El diseño, construcción y operación del puente es acorde con la conservación y uso sostenible de los ecosistemas y recursos del terreno y la región. A través de su diseño y planeación, se buscó que la infraestructura sea de alta calidad y cumpla con los estándares de seguridad para este tipo de infraestructura, pero que a la vez esté integrados al paisaje y a los componentes del medio ambiente donde se inserta.

Se manifiesta que el Proyecto se encuentra alineado con las políticas del POEGT aplicables.

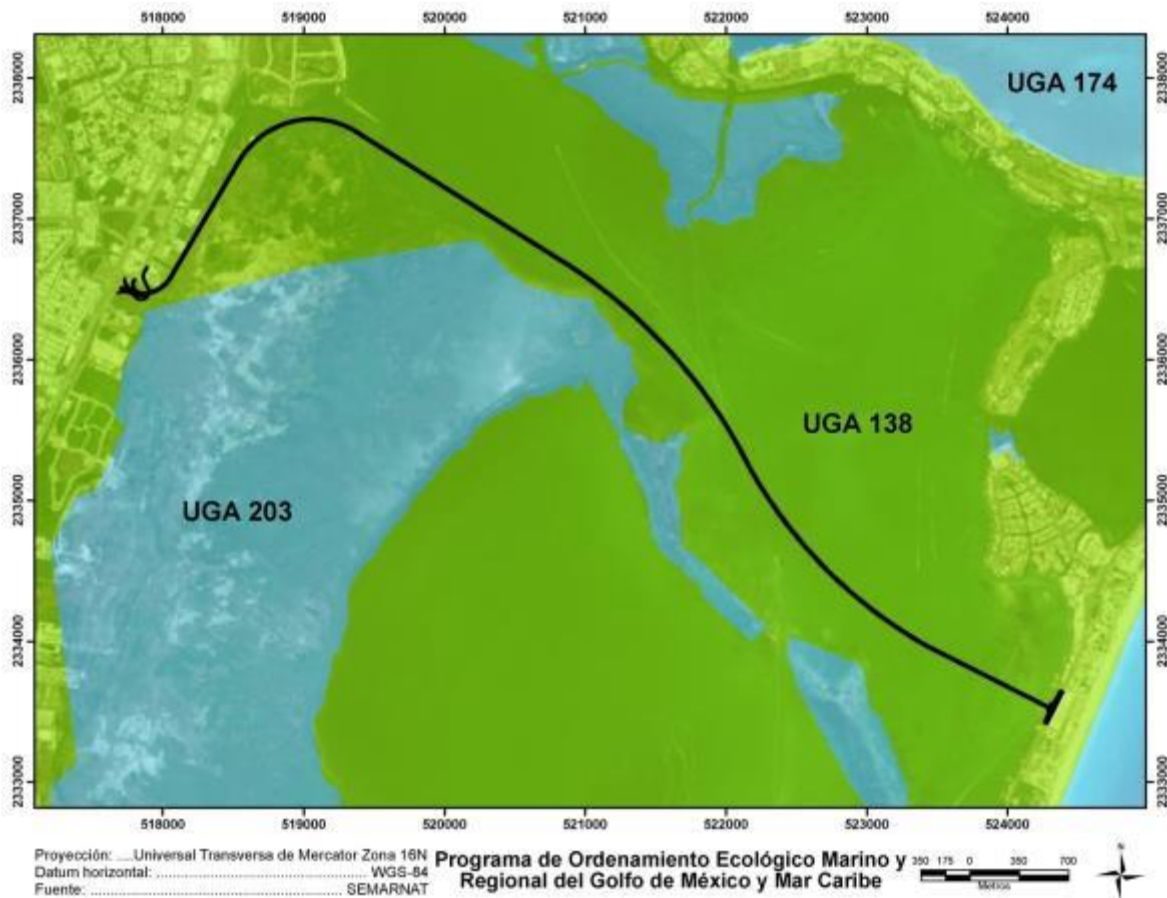
3.9.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC)

El día 24 de noviembre del año 2012, se publicó el acuerdo por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, en adelante “POEMyRGMyMC” y se da a conocer la parte regional del propio Programa. Dicho Programa divide al territorio en Unidades de Gestión Ambiental (UGA) y sus criterios aplicables (Diario Oficial de la Federación, 2012).

El POEMyRGMMyMC es el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

EL POEMyRGMMyMC identifica, orienta y enlaza las políticas, programas, proyectos y acciones de la administración pública que contribuyan a lograr las metas regionales que en él se plantean y optimizar el uso de los recursos públicos de acuerdo con la aptitud del territorio. Se puede entender que éste instrumento no tiene como objetivo autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades productivas, sino orientar en sus proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región.

Figura 3. 9. Señala la Ubicación del Proyecto en relación a la UGA 138 perteneciente al Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMMyMC)



Asimismo, la UGA presenta una serie de acciones o criterios específicos:

Figura 3. 10. Características de la UGA 138.

Tipo de UGA	Regional	Mapa
Nombre:	Benito Juárez	
Municipio:	Benito Juárez	
Estado:	Quintana Roo	
Población:	573,325 Habitantes	
Superficie:	225,770.386 Ha.	
Subregión:	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata Mar Caribe	
Islas:		
Puerto Turístico	Presente	
Puerto Comercial	Presente	
Puerto Pesquero	Presente	
Nota:		

Tabla 3. 25. Acciones Específicas de la UGA 138 cuyos criterios son vinculables al Proyecto

Acciones Específicas							
Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación
A-001	NA	A-027	APLICA	A-053	APLICA	A-079	NA
A-002	NA	A-028	APLICA	A-054	APLICA	A-080	NA
A-003	NA	A-029	APLICA	A-055	APLICA	A-081	NA
A-004	NA	A-030	APLICA	A-056	NA	A-082	NA
A-005	APLICA	A-031	APLICA	A-057	APLICA	A-083	NA
A-006	APLICA	A-032	APLICA	A-058	APLICA	A-084	NA
A-007	APLICA	A-033	APLICA	A-059	APLICA	A-085	NA
A-008	APLICA	A-034	NA	A-060	APLICA	A-086	NA
A-009	APLICA	A-035	NA	A-061	APLICA	A-087	NA
A-010	APLICA	A-036	NA	A-062	APLICA	A-088	NA
A-011	APLICA	A-037	APLICA	A-063	APLICA	A-089	NA
A-012	APLICA	A-038	APLICA	A-064	APLICA	A-090	NA
A-013	APLICA	A-039	NA	A-065	APLICA	A-091	NA
A-014	APLICA	A-040	APLICA	A-066	APLICA	A-092	NA
A-015	APLICA	A-041	NA	A-067	APLICA	A-093	NA
A-016	APLICA	A-042	NA	A-068	APLICA	A-094	NA
A-017	APLICA	A-043	NA	A-069	APLICA	A-095	NA
A-018	APLICA	A-044	APLICA	A-070	APLICA	A-096	NA
A-019	APLICA	A-045	NA	A-071	APLICA	A-097	NA
A-020	NA	A-046	APLICA	A-072	APLICA	A-098	NA
A-021	APLICA	A-047	NA	A-073	APLICA	A-099	NA
A-022	APLICA	A-048	APLICA	A-074	APLICA	A-100	NA
A-023	APLICA	A-049	NA	A-075	NA		
A-024	APLICA	A-050	APLICA	A-076	NA		
A-025	APLICA	A-051	APLICA	A-077	NA		
A-026	APLICA	A-052	APLICA	A-078	NA		

En seguida se presenta la vinculación del proyecto con los criterios aplicables para las Acciones Generales de la UGA 138 y se demuestra el total cumplimiento al Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

Tabla 3. 26. Vinculación del Proyecto con las acciones generales establecidas por el POEMyRGMMyMC

CRITERIOS GENERALES	
G001	Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.
	Conforme al Anexo 6 del POEMRGMMC11, la instrumentación de esta acción no es responsabilidad de la Promovente, por lo tanto, no le es vinculante. Adicionalmente esta acción no tiene ninguna relación con el Proyecto.
G002	Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.
	Conforme al Anexo 6 del POEMRGMMC12, la instrumentación de esta acción no es responsabilidad de la Promovente, por lo tanto, no le es vinculante. Adicionalmente esta acción no tiene ninguna relación con el Proyecto.
G003	Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.
	La promovente del Proyecto no tiene considerado la creación de una UMA.
G004	Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente para las especies registradas en la norma oficial mexicana, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).
	La promovente no pretende realizar actividades extractivas de flora y fauna en ninguna de las etapas del Proyecto. Durante el proceso de construcción y operación del Proyecto, se implementará el Subprograma de Difusión Ambiental, el cual contendrá Información y Educación Ambiental por medio del cual se informará a clientes, empleados y proveedores de las penas en las que pueden incurrir o les pueden ser fincadas por las autoridades competentes al realizar actividades en contra de la flora y la fauna de la región.
G005	Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.
	El presente criterio no es aplicable a la promovente del Proyecto, en razón de que no se contempla el establecimiento de bancos de germoplasma.
G006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.
	Si bien en el Capítulo 2 se señalan los procesos mediante los cuales se podrán generar GEI, para el cumplimiento del criterio, la maquinaria y equipo de combustión interna que sean utilizados para el desarrollo del Proyecto en cualquiera de sus etapas, se encontrará en óptimas condiciones mecánicas para disminuir la emisión de estos gases.
G007	Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y

¹¹Anexo 6 del POEMRGMMC. Tabla de responsables de la instrumentación de las acciones.

¹²Anexo 6 del POEMRGMMC. Tabla de responsables de la instrumentación de las acciones.

CRITERIOS GENERALES	
	comercio de bonos de carbono.
	La realización de estas acciones no es responsabilidad de la Promovente, por lo que no es aplicable.
G008	El uso de organismos genéticamente modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente
	La promovente del Proyecto no tiene visualizado utilizar organismos genéticamente modificados dentro de sus actividades.
G009	Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.
	El Proyecto deriva de la necesidad de infraestructura de transporte en la zona urbana de la ciudad de Cancún, Quintana Roo. Por lo anterior, el “Puente Nichupté” surge de un proceso de planificación en los diversos órdenes de gobierno, de tal forma que el instrumento de ordenamiento urbano –el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable del Municipio de Benito Juárez- lo contempla dentro de sus Proyectos Estratégicos.
	Aunado a lo anterior, el Proyecto atiende el objetivo establecido en el PMDUS-BJ, el cual contempla la elaboración de un Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable, y que como parte de los proyectos estratégicos, se encuentra el Puente Vehicular Nichupté.
	En este sentido, se da cumplimiento al presente criterio, proponiendo el diseño, métodos constructivos, y medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias para evitar la fragmentación del hábitat a través de una zonificación ambiental presentada en el Capítulo 4 de la MIA-R.
G010	Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.
	El presente criterio es aplicable para las autoridades competentes, el Proyecto no tiene contemplado reutilizar áreas agropecuarias.
G011	Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.
	El Proyecto propone la implementación de medidas adecuadas de mitigación y compensación de los impactos que se prevé serán generados durante la construcción y operación de las obras que conforman el Proyecto en sus diferentes etapas (lo anterior se verifica en el Capítulo 6 de la presente MIA-R). A través de lo anterior, se minimizan y mitigan las posibles afectaciones producidas por el Proyecto.
G012	Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.
	Este criterio es aplicable para la autoridad, ya que deberá de implementar programas enfocados al cumplimiento del presente criterio.
G013	Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.
	Para dar cumplimiento al presente criterio, la promovente no tiene visualizado en ninguna de las etapas que integran el Proyecto, la introducción de ningún tipo especie potencialmente invasora.
G014	Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.
	Este criterio es aplicable a la autoridad y no al promovente del Proyecto. Se manifiesta que

CRITERIOS GENERALES	
	no existen ríos superficiales en el Sistema Ambiental del Proyecto.
G015	Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.
	Es una obligación aplicable para la autoridad competente y no para la promovente del Proyecto. Asimismo, dentro del Proyecto a ser evaluado, no se localizan cauces de ríos.
G016	Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.
	Este criterio no es aplicable para la promovente ya que es una obligación aplicable para la autoridad. Por otra parte, no existen montañas en el área de influencia del Proyecto.
G017	Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.
	Este criterio es aplicable para la autoridad no para el promovente, sin embargo, no se omite manifestar que el Proyecto no considera obras o actividades agrícolas.
G018	Recuperar la vegetación que consolide los márgenes de los cauces naturales en el ASO, de conformidad por lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.
	En el Sistema Ambiental Regional (Capítulo 4) no se ubica ningún cauce natural, por lo que este Criterio no es vinculante con el Proyecto. Sin embargo, el Proyecto contempla un Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar y un Subprograma de Reforestación, como se define en el SGAS incluido en el Capítulo 6 de esta MIA-R.
G019	Los planes o programas de desarrollo urbano del área sujeta a ordenamiento deberán tomar en cuenta el contenido de este programa de ordenamiento, incluyendo las disposiciones aplicables sobre riesgo frente a cambio climático en los asentamientos humanos.
	Este criterio es aplicable para las autoridades, no para la promovente. Sin perjuicio de lo anterior, no se omitir manifestar que el Proyecto se realiza de manera apegada a los Programas de Desarrollo y Ordenamiento Urbano y Territorial aplicables, publicados por las autoridades competentes.
G020	Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.
	Este criterio es responsabilidad de las autoridades competentes, además de que el Proyecto contempló este y los demás criterios de los programas de ordenamiento ecológico para realizar el diseño del Proyecto, estableciendo las áreas con ecosistemas frágiles como zonas de conservación.
G021	Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.
	Este criterio es aplicable para las autoridades competentes y no para la promovente. El Proyecto no considera desarrollar tecnologías extractivas.
G022	Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.
	Este criterio es aplicable para las autoridades competentes y no para la promovente. El Proyecto no considera implementar tecnologías de producción extractivas.
G023	Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.
	El Proyecto promoverá la erradicación de especies que pudieran convertirse en plagas mediante técnicas de bajo impacto.
G024	Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración

CRITERIOS GENERALES	
	de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático.
	Este criterio es aplicable para las autoridades competentes, y no para el promovente.
G025	Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.
	Este criterio es aplicable para las autoridades competentes, y no para el promovente.
G026	Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).
	Debido a la naturaleza del proyecto este criterio no es vinculante.
G027	Promover el uso de combustibles de no origen fósil.
	El cumplimiento del presente criterio es responsabilidad de las autoridades competentes, sin embargo, de ser posible y si las necesidades operativas del Proyecto lo permiten, se instalarán equipos para el aprovechamiento de energías alternativas para cubrir parte de las necesidades del Proyecto.
G028	Promover el uso de energías renovables.
	Este criterio es aplicable para las autoridades competentes, y no para el promovente. Sin perjuicio de lo anterior, la promovente estará en la constante evaluación para adoptar otras fuentes de energías renovables, cuando sea conveniente.
G029	Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.
	Este criterio es aplicable para las autoridades competentes, y no para el promovente. Asimismo, se considerará el uso de equipos ahorradores de energía durante todas las etapas del desarrollo del Proyecto. Aunado a lo anterior, la promovente estará en la constante evaluación para adoptar otras fuentes de energías renovables, cuando sea conveniente.
G030	Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.
	El cumplimiento del presente criterio es responsabilidad de las autoridades competentes. Sin perjuicio de lo anterior, la promovente del Proyecto manifiesta que tomara en consideración todas aquellas recomendaciones emitidas por las autoridades.
G031	Promover la sustitución a combustibles limpios, en los casos en que sea posible, por otros que emitan menos contaminantes que contribuyan al calentamiento global.
	Para el cumplimiento del presente criterio, en el Proyecto se usará maquinaria y equipo en óptimas condiciones mecánicas para disminuir la emisión de contaminantes que contribuyen al calentamiento global. Asimismo, si las necesidades operativas del Proyecto lo permiten, la promovente optará por usar equipos que no requieran de combustibles fósiles para su funcionamiento.
G032	Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.
	Este criterio es aplicable para las autoridades competentes y no para la promovente del Proyecto.
G033	Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.
	Este criterio es aplicable para las autoridades competentes.
G034	Impulsar la reducción del consumo de energía de viviendas y edificaciones a través de la implementación de diseños bioclimático, el uso de nuevos materiales y de tecnologías limpias.

CRITERIOS GENERALES	
	El presente criterio no es responsabilidad de la promovente del Proyecto, éste no tiene contemplado la construcción de viviendas y/o edificaciones basadas en la implementación de diseños bioclimáticos.
G035	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.
	Dada la naturaleza del presente Proyecto, este criterio no es vinculante.
G036	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.
	Las actividades descritas en el presente criterio no son compatibles con el conjunto de obras que integran el Proyecto.
G037	Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agro-ecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.
	El presente criterio no es aplicable a la promovente, ya que su cumplimiento es obligación de las autoridades competentes.
G038	Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.
	El presente criterio no es aplicable a la promovente, ya que su cumplimiento es obligación de las autoridades competentes. Sin perjuicio de lo anterior, el Proyecto contempló la elaboración de un estudio de la condición ecológica del manglar (ver Capítulo 4) en el cual se documenta que los manglares como ecosistema pueden almacenar > 1000 Mg C ha ⁻¹ .
G039	Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.
	Esta es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente. Sin embargo, el Proyecto cumple de manera integral con los lineamientos y criterios establecidos en los diversos instrumentos de desarrollo urbano y ordenamiento territorial, coadyuvando con la autoridad en términos del presente criterio.
G040	Fomentar la participación de las industrias en el programa nacional de auditoría ambiental.
	El presente criterio es de cumplimiento para las autoridades competentes en materia del medio ambiente.
G041	Fomentar la elaboración de programas de desarrollo urbano en los principales centros de población de los municipios.
	Esta es una obligación vinculante a la autoridad y no al promovente.
G042	Fomentar la inclusión de las industrias de todo tipo en el registro de emisión y transferencia de contaminantes (RETC) y promover el sistema de información de sitios contaminados en el marco del programa nacional de restauración de sitios contaminados.
	Esta es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente.
G043	La SEMARNAT, considerará el contenido aplicable de este programa. En su participación para la actualización de la carta nacional pesquera, asimismo, lo considerará en las medidas tendientes a la protección de quelonios, mamíferos marinos y especies bajo un estado especial de protección, que dicte de conformidad con la ley general de pesca y acuicultura sustentable.
	El cumplimiento al presente criterio no es aplicable a la promovente, es obligación de la

CRITERIOS GENERALES	
	SEMARNAT en coordinación con las autoridades competentes en la materia.
G044	Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.
	El cumplimiento al presente criterio no es aplicable a la promovente, ya que el Proyecto no es de naturaleza pesquera.
G045	Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.
	Es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente.
G046	Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.
	Este criterio se cumple, considerando que el principal objetivo del Proyecto es el diseño, construcción, equipamiento, operación y mantenimiento de un puente que proveerá una nueva conexión vial entre el centro urbano de Cancún hasta la Zona Hotelera.
G047	Impulsar la diversificación de actividades productivas.
	Es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente.
G048	Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.
	El cumplimiento del presente criterio corresponde a las autoridades competentes en materia de Protección Civil. No se omite manifestar que la promovente implementará el Programa de Seguridad y Atención a Contingencias como parte del SGAS del Proyecto, el cual considera la implementación de campañas preventivas para atender desastres naturales.
G049	Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.
	La promovente manifiesta que el cumplimiento de este criterio se realizará durante las etapas de construcción correspondientes al Proyecto a través de su Programa de Seguridad y Atención a Contingencias, mediante el cual reforzará la labor de los comités de protección civil al contar con un comité interno de atención a contingencias.
G050	Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.
	El presente criterio no es aplicable a la promovente, ya que el conjunto de obras que integran el Proyecto no contempla la construcción de casas tipo habitación.
G051	Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.
	Este criterio es aplicable para las autoridades y no para el promovente. Sin embargo, el Proyecto implementará un programa de difusión ambiental que incluye campañas de concientización dirigidas a los trabajadores temporales, permanentes y de todas aquellas personas que se involucren de manera directa o indirecta con el Proyecto para la estabilización de playas.
G052	Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).
	Este criterio es aplicable para la autoridad y no para el promovente. Sin perjuicio de lo anterior, el Proyecto implementará medidas adecuadas para el manejo de los residuos mencionados en el presente criterio, siendo descritas en el Capítulo 6 y el SGAS.
G053	Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.

CRITERIOS GENERALES	
	El presente criterio no es aplicable a la promovente del Proyecto, éste no contempla programas y mecanismos para la reutilización de aguas residuales tratadas.
G054	Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.
	Esta es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente.
G056	Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial de acuerdo a la normatividad vigente.
	Este criterio es aplicable a las autoridades competentes y no al promovente. El objeto del Proyecto no corresponde a la construcción de sitios de disposición de residuos sólidos.
G057	Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.
	Es una obligación aplicable a las autoridades competentes.
G058	La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPAFEST que resulten aplicables.
	La promovente en cumplimiento del presente criterio manifiesta que el manejo integral de los residuos considerados como peligrosos que sean generados durante las diferentes etapas de construcción que integran Proyecto, se realizará de conformidad a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su respectivo reglamento, en la Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.
G059	El desarrollo de infraestructura dentro de un ANP, deberá ser consistente con la legislación aplicable, el Programa de Manejo y el decreto de creación correspondiente.
	En el apartado correspondiente, se consideran y vinculan los decretos y Programas de Manejos de ANP's que sean vinculantes.
G060	Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.
	Para dar cumplimiento al presente criterio, la promovente manifiesta que se tomaron las medidas necesarias para minimizar los impactos ambientales sobre la vegetación acuática. El Proyecto está diseñado de tal forma que la afectación directa representa una afectación de menos del 1 por ciento.
G061	La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.
	El Proyecto no contempla construcción de infraestructura costera.
G062	Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.
	El presente criterio no es aplicable. El Proyecto no consiste en la realización de actividades agropecuarias.
G063	Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.
	Este criterio es únicamente aplicable para las autoridades de los diferentes ámbitos de competencia gubernamental encargadas de desarrollar ordenamientos en materia de pesca y acuicultura.

CRITERIOS GENERALES	
G064	La construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas deberá evitar modificaciones en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos o superficiales o atender dichas modificaciones en caso de que sean inevitables.
	Tal y como se demuestra de manera integral a lo largo de los Capítulos que contiene esta MIA-R, en especial atención en el Capítulo 2, el Proyecto desde su diseño hasta su construcción, garantiza la permanencia del flujo hidrológico (subterráneos o superficiales) al ser construido sobre pilas, minimizando la afectación en términos de superficies a los ecosistemas involucrados. Además, se presenta un sistema de construcción denominado 'Top-down', el cual consiste en el hincado de pilas a través de una máquina denominada como lanzadora (ver Capítulo 2). Adicionalmente, previo al inicio de la obra se contempla la ejecución de los estudios de geofísica (mecánica de suelos) sobre las áreas de impacto directo de las pilas con la finalidad de descartar la presencia de ríos subterráneos y cavernas.
G065	La realización de obras y actividades en áreas naturales protegidas, deberá contar con la opinión de la dirección del ANP o en su caso de la dirección regional que corresponda, conforme lo establecido en el decreto y Programa de Manejo del área respectiva.
	El Proyecto no se encuentra dentro de ningún ANP de carácter federal o estatal.

Tabla 3. 27. Vinculación con las Acciones Específicas del Programa que le son aplicables.

Clave	Acciones específicas
A005	Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma.
	Por la naturaleza del Proyecto el presente criterio no es aplicable a la promovente.
A006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.
	Por la naturaleza del Proyecto el presente criterio no es aplicable a la promovente.
A007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o anp en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.
	El presente criterio no es aplicable a la promovente de Proyecto, considerando que es una responsabilidad que compete a las autoridades correspondientes.
A008	Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de conservación.
	El área del Proyecto no se encuentra en una playa, por lo que este criterio no es vinculante.
A009	Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas.
	El área del Proyecto no se encuentra en una playa, por lo que este criterio no es vinculante.
A010	Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas.
	El área del Proyecto no se encuentra en una playa, por lo que este criterio no es vinculante.
A011	Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.
	El presente criterio no es aplicable al Proyecto, ya que conforme al Anexo 6 de este Instrumento, es obligación de la autoridad el cumplimiento de este criterio. El Proyecto no se realizará en suelos con coberturas vegetales que han sido afectadas por las actividades agropecuarias.
A012	Promover la preservación de las dunas costeras y su vegetación natural, a través de la

Clave	Acciones específicas
	ubicación de la infraestructura detrás del cordón de dunas frontales. Conforme al Anexo 6 del POEMRGMCM13, la instrumentación de esta acción no es responsabilidad de la Promovente, por lo tanto, no le es vinculante. Asimismo, el Proyecto no se encentra en una zona con dunas costeras, por lo que este criterio no es vinculante.
A013	Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo. La promovente del Proyecto en cumplimiento del presente criterio, manifiesta que durante las etapas de ejecución y operación del Proyecto no se tiene contemplado la introducción de especies invasoras.
A014	Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica. El cumplimiento del presente criterio es obligación de las autoridades darle cumplimiento, la promovente del Proyecto no omite manifestar que de existir alguna de las campañas descritas en el criterio, la promovente coadyuvara con las autoridades que promuevan dichas acciones.
A015	Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del aso. Estas acciones corresponde implementarlas a las autoridades, sin embargo, no se omite manifestar que el Proyecto no se encuentra ubicado en una zona de dunas.
A016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del aso. El presente criterio no es vinculante al Proyecto, ya que, debido a sus características, no es factible establecer un corredor biológico a través de la implementación del mismo.
A017	Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas. Para el cumplimiento del presente criterio la promovente del Proyecto manifiesta; de existir algún programa impulsado por el sector privado o por las autoridades competentes enfocado a la restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas, la promovente coadyuvara con estos para lograr los objetivos establecidos en los programas de restauración.
A018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la norma oficial mexicana, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo (nom-059 semarnat-2010). El cumplimiento del presente criterio no es responsabilidad directa de la promovente, sin embargo, en la MIA-R, se puede observar que el Proyecto incluirá medidas de prevención, compensación y mitigación para los posibles impactos de algún tipo de especies de riesgo señaladas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como se describe en los PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRAL DE LA VEGETACIÓN, MANEJO INTEGRAL DE FAUNA; Y EL PROGRAMA DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO AMBIENTAL DE ÁREAS DE MANGLAR, los cuales comprenden acciones de rescate y reubicación de la biota marina en las áreas de aprovechamiento del Proyecto.
A019	Los programas de remediación que se implementen, deberán ser formulados y aprobados de conformidad con la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos, y demás normatividad aplicable. Dada la naturaleza del Proyecto, el presente criterio no es vinculante con el mismo.
A021	Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del aso. Dada la naturaleza del Proyecto, el presente criterio no es vinculante con el mismo.
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.

¹³Anexo 6 del POEMRGMCM. Tabla de responsables de la Instrumentación de las Acciones.

Clave	Acciones específicas
	El presente criterio no es aplicable a la promovente, se debe de entender que la zona donde se realizaran las obras no se encuentra afectada por hidrocarburos o por cualquier otra actividad derivada de dicho sector.
A023	Fomentar la aplicación de medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación in situ, en términos de la legislación aplicable. El cumplimiento de este criterio es de obligación para las autoridades competentes. Sin embargo, la promovente no omite que se establecerán las medidas de control, preventivas y de mitigación necesarias para minimizar los efectos que se pudieran ocasionar por la implementación del Proyecto.
A024	Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores cuando ello sea técnicamente viable. El presente criterio no es aplicable a la promovente, se debe de entender que el Proyecto no está relacionado con la industria, no se omite manifestar que la promovente del Proyecto dará cumplimiento al criterio, haciendo que la maquinaria y equipo de combustión interna que sean utilizados para el desarrollo del Proyecto en cualquiera de sus etapas que lo integran, se encontrará en óptimas condiciones mecánicas para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.
A025	Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación. Para dar cumplimiento al presente criterio, los residuos peligrosos serán entregados para su disposición final a empresas que se encuentren autorizadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
A026	Promover e impulsar el uso de tecnologías "limpias" y "ambientalmente amigables" en las industrias registradas en el ASO y su área de influencia. Fomentar que las industrias que se establezcan cuenten con las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es aplicable a la promovente, ya que el Proyecto no contempla la instalación permanente de alguna industria que genere emisiones de gases de efecto invernadero.
A027	Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es aplicable a la promovente.
A028	Promover las medidas necesarias para que la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas eviten generar efectos negativos sobre su estructura o función ecosistémica. El presente criterio es de cumplimiento para las autoridades competentes en la materia.
A029	Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa, salvo cuando dichas modificaciones correspondan a Proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.
A030	Generar o adaptar tecnologías constructivas y de ingeniería que minimicen la afectación al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.
A031	Promover la preservación de las características naturales de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.
A033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.

Clave	Acciones específicas
	Por la naturaleza del Proyecto no se tiene contemplado el aprovechamiento de la energía eólica.
A037	Promover la generación energética por medio de energía solar. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.
A038	Impulsar el uso de los residuos agrícolas para la generación de energía y reducir los riesgos de incendios forestales en las regiones más secas. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.
A040	Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola con especies nativas de la zona en la cual se aplica el programa y con tecnologías que no contaminen el ambiente y cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.
A044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.
A046	Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de residuos de embarcaciones, en las porciones marinas tanto costeras como oceánicas. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.
A048	Redimensionar, y ajustar las flotas pesqueras y los esfuerzos de captura a las capacidades y estados actuales y previsibles de las poblaciones en explotación. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.
A050	Promover el desarrollo de programas de desarrollo urbano y programas de conurbación con el fin de dotar de infraestructura de servicios a las comunidades rurales. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A051	Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para mejorar la comunicación. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A052	Promover el uso sostenible de la tierra/agricultura (cultivos, ganado, pastos y praderas, y bosques) y prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A053	Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A054	Promover la sustitución de tecnologías extensivas por intensivas en las actividades acordes a la aptitud territorial, utilizando esquemas de manejo y tecnología adecuada para minimizar el impacto ambiental. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A055	Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción agropecuaria para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A057	Evitar el establecimiento de zonas urbanas en zonas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales, zonas susceptibles de inundación y derrumbe, zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras y manglares. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A058	Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.

Clave	Acciones específicas
A059	Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A061	Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación. Si bien el Proyecto es consistente en construcción de infraestructura de comunicación, éste representará un mejoramiento para la movilidad de todos los sectores de la ciudadanía del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.
A062	Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el manejo integral de los residuos peligrosos. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A063	Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A064	Completar la conexión de las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A065	Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A066	Incrementar la capacidad de tratamiento de las plantas para dar tratamiento terciario a los efluentes e inyectar aguas de mayor calidad al manto freático en apoyo, en su caso, a la restauración de humedales. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A067	Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A068	Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera. La promovente del Proyecto cumplirá con el criterio apegándose a lo establecido en la Ley General de los residuos del estado de Quintana Roo y su respectivo Reglamento, así como lo especificado en los planes manejo desarrollados para el Proyecto los cuales son mencionados en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.
A069	Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar. El presente criterio no aplicable a la promovente del Proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A070	Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera para su disposición final. El presente criterio es obligación de las autoridades. El Proyecto en su Capítulo 6, tiene contemplado un programa para el manejo de residuos

Clave	Acciones específicas
	sólidos urbanos que se generen durante el proceso de construcción del mismo, de ser invitado por la autoridad a participar en campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera, la promotora participará apegándose a las disposiciones establecidas por la autoridad promotora.
A071	Diseñar e instrumentar acciones coordinadas entre sector turismo y sector conservación para reducir al mínimo la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos. Impulsar y fortalecer las redes de turismo de la naturaleza (ecoturismo) en todas sus modalidades como una alternativa al desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.
A072	Promover que la operación de desarrollos turísticos se haga con criterios de sustentabilidad ambiental y social, a través de certificaciones ambientales nacionales o internacionales, u otros mecanismos. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.
A073	Construir, modernizar y ampliar la infraestructura portuaria de gran tamaño de apoyo al turismo, con obras sustentadas en estudios específicos, modelaciones predictivas y programas de monitoreo, que garanticen la no afectación de los recursos naturales. Si bien el Proyecto no es referente a infraestructura portuaria de gran tamaño de apoyo al turismo, éste representará un mejoramiento para la movilidad de todos los sectores de la ciudadanía del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.
A074	Construir, modernizar y ampliar la infraestructura portuaria de gran tamaño de apoyo al tráfico comercial de mercancías (embarcaciones mayores de 500 TRB (toneladas de registro bruto) y/o 49 pies de eslora); con obras sustentadas en estudios específicos, modelaciones predictivas y programas de monitoreo, que garanticen la no afectación de los recursos naturales. Por la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante con el mismo.

Tabla 3. 28. Vinculación del Proyecto con los Criterios de Regulación Ecológica de la Zona Costera Inmediata.

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
ZMC-01	Con el fin de proteger y preservar las comunidades arrecifales, principalmente las de mayor extensión, y/o riqueza de especies en la zona, y aquellas que representan valores culturales particulares, se recomienda no construir ningún tipo de infraestructura en las áreas ocupadas por dichas formaciones.	SE CUMPLE
ZMC-02	Dado que los pastos marinos representan importantes ecosistemas para la fauna marina, debe promoverse su conservación y preservación, por lo que se debe evitar su afectación y pérdida en caso de alguna actividad o Proyecto. La evaluación del impacto ambiental correspondiente deberá realizarse conforme a lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como a las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.	SE CUMPLE La presente MIA en sus diversos capítulos contempla y contiene (particularmente el Capítulo 6) las medidas de prevención, mitigación y compensación de riesgos necesarias para evitar daños a los pastos marinos; prestando especial atención al monitoreo de las comunidades de necton y bentos en la zona de influencia y SAR del Proyecto. Adicionalmente, es importante señalar que, las obras del Proyecto no se desplantarán sobre ecosistemas de pastos

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
		marinos.
ZMC-03	Sólo se permitirá la captura de mamíferos marinos, aves y reptiles para fines de investigación, rescate y traslado con fines de conservación y preservación, conforme a lo dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.	SE CUMPLE Como se ha señalado para el caso de que durante las actividades de preparación del Proyecto se identifiquen individuos de las especies señaladas en este criterio, se llevará a cabo el rescate de las mismas y se les incorporará a zonas con las mismas características naturales para su conservación y preservación.
ZMC-04	Con el fin de preservar zonas coralinas, principalmente las más representativas por su extensión, riqueza y especies presentes, la ubicación y construcción de posibles puntos de anclaje deberán estar sujetas a estudios específicos que la autoridad correspondiente solicite.	NO APLICA El Proyecto no considera la construcción de puntos de anclaje en zonas coralinas. Como se ha señalado en esta MIA las actividades del Proyecto no afectan zonas coralinas.
ZMC-05	La recolección, remoción o trasplante de organismos vivos o muertos en las zonas arrecifales u otros ecosistemas representativos, sólo podrá llevarse a cabo bajo las disposiciones aplicables de la Ley General de Vida Silvestre y demás normatividad aplicable.	NO APLICA Este criterio no aplica al presente Proyecto, con base en que no se contempla realizar la recolección, remoción o trasplante de organismos vivos o muertos en las zonas arrecifales.
ZMC-06	La construcción de estructuras promotoras de playas deberá estar avaladas por las autoridades competentes y contar con los estudios técnicos y específicos que la autoridad requiera para este fin.	SE CUMPLE No se contempla la construcción de estructuras promotoras de playas.
ZMC-07	Como una medida preventiva para evitar contaminación marina no debe permitirse el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos de ningún tipo en los cuerpos de agua en esta zona.	SE CUMPLE Como se ha venido señalando reiteradamente a lo largo de este Capítulo 3, el Proyecto considera en su Capítulo 6 todas las medidas preventivas y de control para evitar la contaminación marina y el vertimiento de hidrocarburos que accidentalmente pudieran producirse por alguna de sus actividades u Obras.
ZMC-08	Con el objeto de coadyuvar en la preservación de las especies de tortugas que año con año arriban en esta zona costera, es recomendable que las actividades recreativas marinas eviten llevarse a cabo entre el ocaso y el amanecer, esto en la temporada de anidación, principalmente en aquellos sitios de mayor incidencia de dichas especies.	NO APLICA Ninguna actividad del Proyecto se desarrollará en los periodos de tiempo señalados por este criterio.
ZMC-09	Con el objetivo de preservar las comunidades arrecifales en la zona, es importante que cualquier actividad que se lleve a cabo en ellos y su zona de influencia estén sujetas a permisos avalados que garanticen que dichas	SE CUMPLE El Proyecto no se llevará en zonas arrecifes.

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	actividades no tendrán impactos adversos sobre los valores naturales o culturales de los arrecifes, con base en estudios específicos que determinen la capacidad de carga de los mismos.	
ZMC-10	Con el fin de prevenir la contaminación y deterioro de las zonas marinas, es recomendable la difusión de las normas ambientales correspondientes en toda actividad náutica en la zona.	Como se manifiesta en el Capítulo 6 de esta MIA-R, se incluyen programas de capacitación en materia ambiental, garantizándose la difusión de las normas ambientales entre todos los trabajadores, operarios y personal que participe en el Proyecto, particularmente en las actividades náuticas que contemplen el uso de embarcaciones.
ZMC-11	Se requerirá que en caso de alguna actividad relacionada con obras de canalización y dragado debidamente autorizadas, se utilicen mallas geotextiles y otras tecnologías que eviten la suspensión y dispersión de sedimentos, en el caso de que exista el riesgo de que se afecten o resulten dañados recursos naturales por estas obras.	SE CUMPLE La promovente del Proyecto manifiesta que durante el desarrollo de las actividades serán utilizadas mallas geotextiles y barreras de protección para evitar la dispersión de sedimentos que pudieran afectar los recursos naturales de la zona.
ZMC-12	La construcción de Proyectos relacionados con muelles de gran tamaño (para embarcaciones mayores de 500TRB [Toneladas de Registro Bruto] y/o 49 pies de eslora), deberá incluir medidas para mantener los procesos de transporte litoral y la calidad del agua marina, así como para evitar la afectación de comunidades marinas presentes en la zona.	NO APLICA El Proyecto no considera ningún tipo de obra o actividad de las que se señalan en este criterio por lo que no le resulta aplicable.
ZMC-13	Las embarcaciones utilizadas para la pesca comercial o deportiva deberán portar los colores y claves distintivas asignadas por la Comisión Nacional de Pesca y Acuacultura, en los Lineamientos para los Mecanismos de Identificación y Control del Esfuerzo Pesquero, así como el permiso de pesca correspondiente.	NO APLICA El Proyecto no considera ningún tipo de obra o actividad de las que se señalan en este criterio por lo que no le resulta aplicable.
ZMC-14	Por las características de gran volumen de los efluentes subterráneos de los sistemas asociados a la zona oriente de la Península de Yucatán y por la importancia que revisten los humedales como mecanismo de protección del ecosistema marino ante el arrastre de contaminantes de origen terrígeno en particular para esta región los fosfatos y algunos metales pesados producto de los desperdicios generados por el turismo, se recomienda en las UGA regionales correspondientes (UGA:139, UGA:152 y UGA:156) estudiar la factibilidad y promover la creación de	NO APLICA El presente criterio no es aplicable a la promovente del Proyecto, sino a las autoridades competentes en la materia en los diferentes niveles de gobierno. No se omite manifestar que la promovente del Proyecto acatará todos los ordenamientos de regulación ecológica que sean promulgados por las autoridades que tengan competencia en la materia

No.	Regulación aplicable	Análisis de observancia del proyecto
	<p>áreas de protección mediante políticas, estrategias y control de uso del suelo en esquemas como los Ordenamientos Ecológicos locales o mediante el establecimiento de ANP federales, estatales, municipales, o áreas destinadas voluntariamente a la conservación que actúen de manera sinérgica para conservar los atributos del sistema costero colindante y contribuyan a completar un corredor de áreas protegidas sobre toda la zona costera del Canal de Yucatán y Mar Caribe, en particular para mantener o restaurar la conectividad de los sistemas de humedales de la Península de Yucatán.</p>	

De esta forma, se demuestra que el Proyecto es congruente con lo establecido en este Programa de Ordenamiento Ecológico.

3.9.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez

Publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 20 de julio de 2005 y modificado el 27 de febrero de 2014, el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (POEL BJ) sitúa al Proyecto dentro de las siguientes Unidades de Gestión Ambiental (POEQROO, 2014), como se demuestra en la Figura 3. 11.

Figura 3. 11. Ubicación del Proyecto con relación al POEL-BJ.

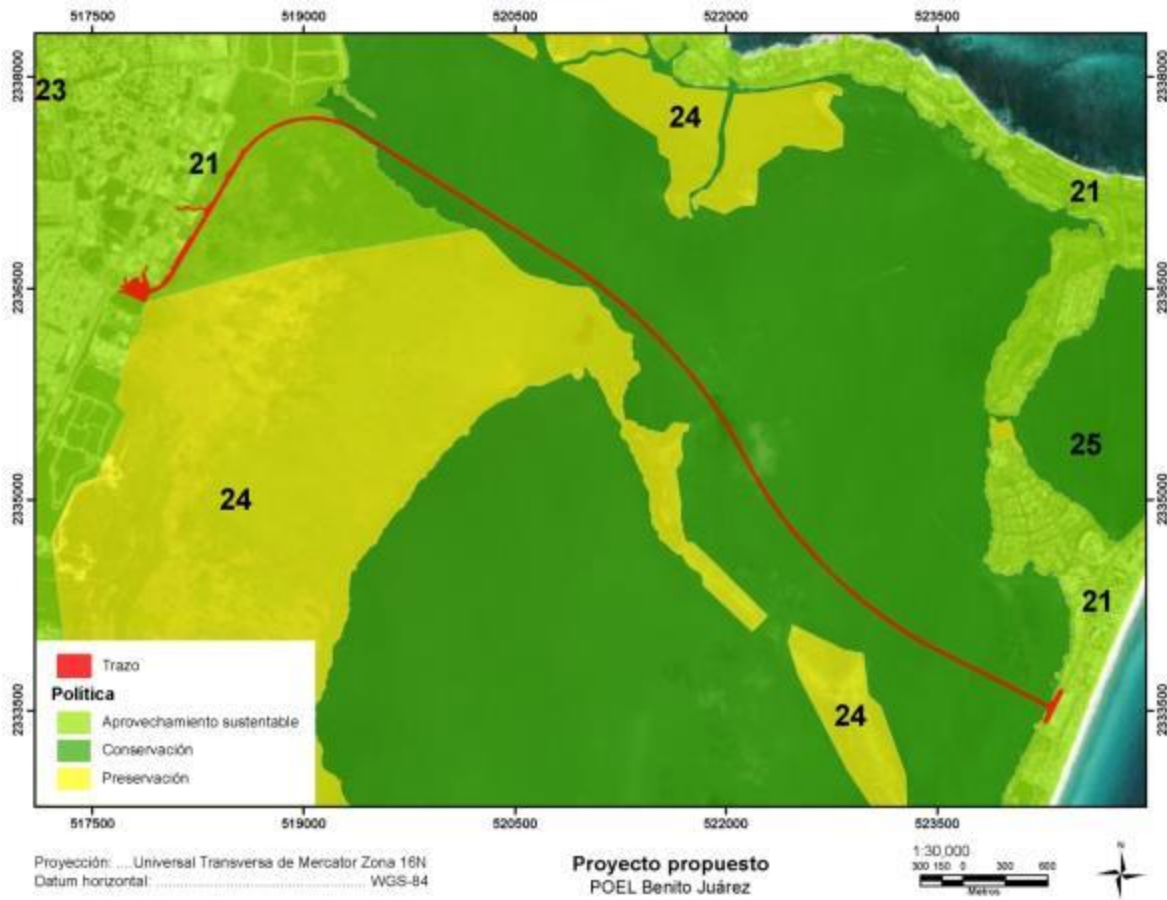
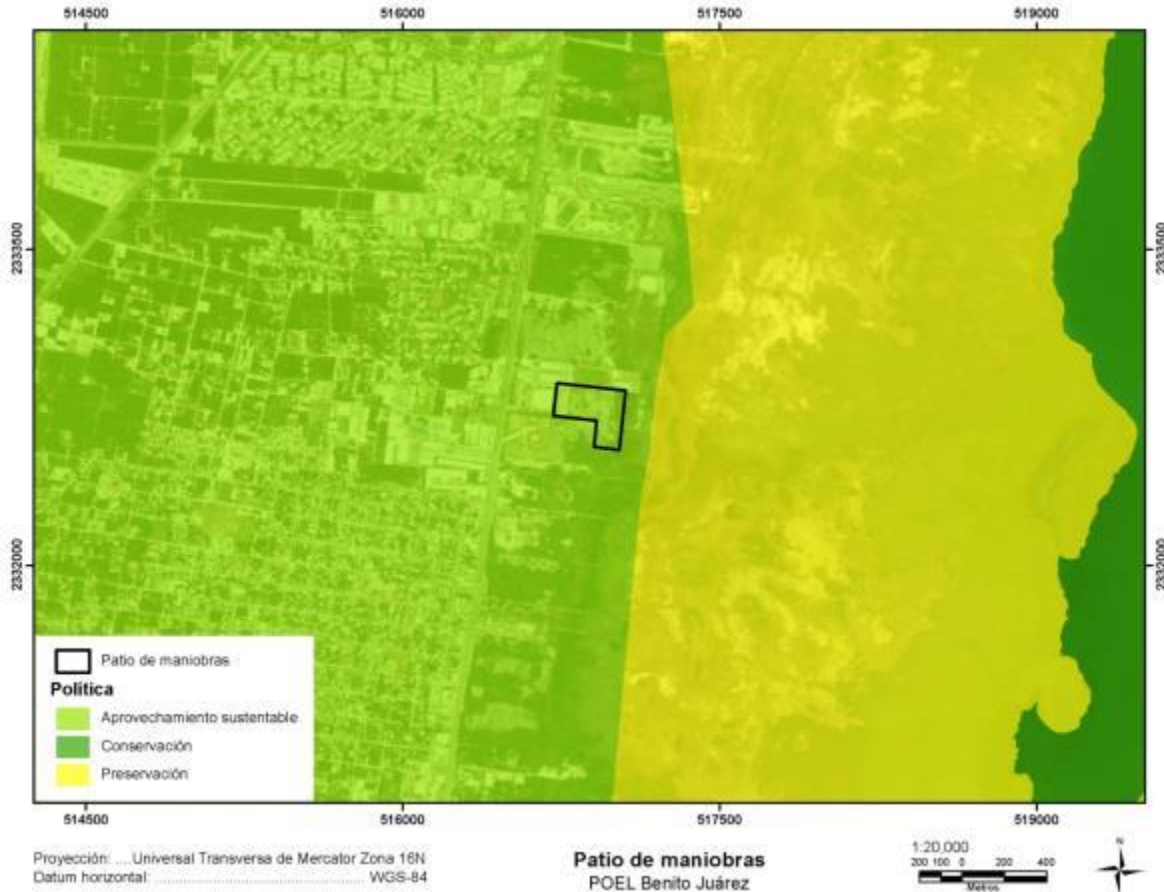


Figura 3. 12 Ubicación de obras y actividades referentes al patio de maniobras con relación al POEL-BJ.



- **UGA 25** con el nombre “**Sistema Lagunar Nichupté**”. Esta zona tiene una Política Ambiental de **Conservación**. Esto se define en el glosario como “*La permanencia de los elementos de la naturaleza, lograda mediante la planeación del desarrollo sustentable, a fin de asegurar, para las generaciones presentes y futuras, un ambiente propicio para su desarrollo y los recursos naturales que les permitan satisfacer sus necesidades*”.
- **UGA 21** correspondiente a la **Zona Urbana de Cancún**. Esta UGA tiene una política ambiental de **Aprovechamiento Sustentable**, cuyo objetivo, como su nombre lo indica, es regular el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en las zonas de reserva para el crecimiento urbano, dentro de los límites del centro de población, con el fin de mantener los ecosistemas relevantes y en el mejor estado posible, así como los bienes y servicios ambientales que provee la zona, previo al desarrollo urbano futuro. **Los parámetros de aprovechamiento se remiten a lo establecido en el Programa de Desarrollo Urbano vigente.**

Tabla 3. 29. Vinculación con los Criterios Generales del POEL-BJ

CRITERIOS GENERALES POEL BJ	
CG-01	En el tratamiento de plagas y enfermedades de plantas en cultivos, jardines, áreas de reforestación y de manejo de la vegetación nativa deben emplearse productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes que sean preferentemente orgánicos y que estén publicados en el catálogo vigente por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas (CICOPLAFEST).
El Proyecto se ajusta a lo establecido en este criterio, ya que aplicará todas las estrategias y medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales incluidas en el Capítulo 6 de la presente MIA, entre las que se encuentran el uso exclusivo de agroquímicos autorizados por la CICOPLAFEST	
CG-02	Los proyectos que en cualquier etapa empleen agroquímicos de manera rutinaria e intensiva, deberán elaborar un programa de monitoreo de la calidad del agua del subsuelo a fin de detectar, prevenir y, en su caso, corregir la contaminación del recurso. Los resultados del Monitoreo se incorporarán a la bitácora ambiental.
No aplica. No se prevé el uso de agroquímicos de manera rutinaria o intensiva	
CG-03	Con la finalidad de restaurar la cobertura vegetal que favorece la captación de agua y la conservación de los suelos, la superficie del predio sin vegetación que no haya sido autorizada para su aprovechamiento, debe ser reforestada con especies nativas propias del hábitat que haya sido afectado.
El Proyecto contempla un Programa de Mejoramiento del Humedal y Programa de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal, como se define en el SGAS incluido en el Capítulo 6 de esta MIA-R.	
CG-04	En los nuevos proyectos de desarrollo urbano, agropecuario, suburbano, turístico e industrial se deberá separar el drenaje pluvial del drenaje sanitario. El drenaje pluvial de techos, previo al paso a través de un decantador para separar sólidos no disueltos, podrá ser empleado para la captación en cisternas, dispuesto en áreas con jardines o en las áreas con vegetación nativa remanente de cada proyecto. El drenaje pluvial de estacionamientos públicos y privados, así como de talleres mecánicos deberá contar con sistemas de retención de grasas y aceites.
Sobre la vialidad, no se contemplan obras drenaje sanitario. En el Capítulo 2, se presenta el sistema de drenaje pluvial considerado por el Proyecto, mismo que contará con un sistema de retención de grasas y aceites, dando cumplimiento a este criterio.	
CG-05	Para permitir la adecuada recarga del acuífero, todos los proyectos deben acatar lo dispuesto en el artículo 132 de la Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA) o la disposición jurídica que la sustituya. (... <i>Para los efectos del párrafo anterior en los predios con un área menor de 100 metros cuadrados deberán proporcionar como área verde el 10% como mínimo; en predios con superficie mayor de 101 a 500 metros cuadrados, como mínimo el 20%; en predios cuya superficie sea de 501 a 3,000 metros cuadrados, como mínimo el 30%, y predios cuya superficie sea de 3,001 metros cuadrados en adelante, proporcionarán como área verde el 40% como mínimo.</i>)
Considerando la naturaleza del Proyecto, este criterio no es aplicable. El Proyecto no corresponde a un desarrollo dentro de un predio particular, ya que el primero es referente a la construcción y operación de una vialidad urbana pilotada.	
CG-06	Con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento preferentemente en áreas " <i>sin vegetación aparente</i> " y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.
El Proyecto contempla un Programa de Mejoramiento del Humedal y Programa de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal, como se define en el SGAS incluido en el Capítulo 6 de esta MIA-R.	

<p>El diseño del Proyecto contempló diferentes trazos de los cuales el diseño final se ubicó colindante a la zona urbana, fuera del Área Natural Protegida Manglares de Nichupté y en lo posible fuera de ecosistemas sensibles como son los humedales. El Proyecto será ejecutado en pilas, minimizando la afectación directa al suelo y a la vegetación y se procurará que estas sean hincadas en áreas sin vegetación aparente (ver Capítulo 2 de la presente MIA-R), lo cual garantiza que se mantenga la continuidad de las áreas con vegetación natural. Tal y como se demuestra en los Capítulos 4 y 6 de la presente MIA-R, a través de las medidas descritas en el SGAS del Proyecto, la tasa de afectación de individuos de flora se verá reducida con base en la propuesta de Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar, así como el Programa de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal, como se define en el SGAS incluido en el Capítulo 6 de esta MIA-R</p>	
CG-07	<p>En los proyectos en donde se pretenda llevar a cabo la construcción de caminos, bardas o cualquier otro tipo de construcción que pudiera interrumpir la conectividad ecosistémica deberán implementar pasos de fauna menor (pasos inferiores) a cada 50 metros, con excepción de áreas urbanas.</p>
<p>Como se presenta en el Capítulo 2 de la presente MIA-R, el proyecto se encuentra en un área urbana, por lo que este criterio no es vinculante.</p>	
CG-08	<p>Los humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, cuerpos de agua superficiales, presentes en los predios deberán ser incorporados a las áreas de conservación.</p>
<p>Derivado de la caracterización ambiental realizada, se determinaron las áreas susceptibles de aprovechamiento para las pilas a colocar. Asimismo, y de conformidad con lo establecido en el criterio URB-36, la promotora dará cumplimiento a la obligación relacionada con la UGA 25 de presentar un el plan de manejo requerido por dicho criterio para su evaluación como parte integrante de la presente MIA-R por la DGIRA y de considerarlo necesario, por la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT.</p>	
CG-09	<p>Salvo en las UGA's urbanas, los desarrollos deberán ocupar el porcentaje de aprovechamiento o desmonte correspondiente para la UGA en la que se encuentre, y ubicarse en la parte central del predio, en forma perpendicular a la carretera principal. Las áreas que no sean intervenidas no podrán ser cercadas o bardeadas y deberán ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio en condiciones naturales y no podrán ser desarrolladas en futuras ampliaciones.</p>
<p>La UGA 25 denominada "Sistema Lagunar Nichupté", por lo que las regulaciones se remiten a la competencia federal por mandato constitucional.</p> <p>Por otra parte, la UGA 21 es denominada Zona Urbana de Cancún, y se rige por el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable del municipio de Benito Juárez, mediante al cual se le asignaron parámetros de aprovechamiento de acuerdo con el uso de suelo, mismos con los que se cumple, como se demuestra en el apartado correspondiente del presente Capítulo 3.</p> <p>Por lo anterior, no le es aplicable lo establecido en el presente criterio.</p>	
CG-10	<p>Sólo se permite la apertura de nuevos caminos de acceso para actividades relacionadas a los usos compatibles, así como aquellos relacionados con el establecimiento de redes de distribución de servicios básicos necesarios para la población.</p>
<p>El Proyecto consiste en una vialidad urbana construida sobre pilas la cual conecta a la zona urbana con la zona hotelera de Cancún, y tiene como objetivo disminuir el tiempo de viaje para los usuarios y el costo de viaje de los vehículos, así como de descongestionar las vialidades urbanas actuales, lo que permitirá reducir tiempos de traslado.</p>	
CG-11	<p>El porcentaje de desmonte que se autorice en cada predio, deberá estar acorde a cada uso compatible y no deberá exceder el porcentaje establecido en el lineamiento ecológico de la UGA, aplicando el principio de equidad y proporcionalidad.</p>
<p>Las obras y actividades del Proyecto se tendrán que ajustar a lo establecido en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez 2018 -2030, vinculación que se presenta en el apartado correspondiente.</p>	
CG-12	<p>En el caso de desarrollarse varios usos de suelo compatibles en el mismo predio, los porcentajes de desmonte asignados a cada uno de ellos solo serán acumulables hasta alcanzar el porcentaje definido en el lineamiento ecológico.</p>

El Proyecto no contempla acumular porcentajes de desmonte.	
CG-13	En la superficie de aprovechamiento autorizada previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, se deberá de ejecutar un programa de rescate de flora y fauna.
Para dar cumplimiento a este Criterio, se elaboraron medidas con el objetivo de prevenir y mitigar los impactos sobre la flora y fauna; mismo que se describen a detalla en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.	
CG-14	En los predios donde no exista cobertura arbórea, o en el caso que exista una superficie mayor desmontada a la señalada para la unidad de gestión ambiental ya sea por causas naturales y/o usos previos, el proyecto sólo podrá ocupar la superficie máxima de aprovechamiento que se indica para la unidad de gestión ambiental y la actividad compatible que pretenda desarrollarse.
El Proyecto no superará las superficies máximas permitidas por este ordenamiento.	
CG-15	En los ecosistemas forestales deberán eliminarse los ejemplares de especies exóticas considerados como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que representen un riesgo de afectación o desplazamiento de especies silvestres. El material vegetal deberá ser eliminado mediante procedimientos que no permitan su regeneración y/o propagación.
En el sitio en donde se ubica el proyecto no existen especies exóticas consideradas como invasoras por la CONABIO. Por tal motivo, el proyecto mantendrá las áreas con especies nativas.	
CG-16	La introducción y manejo de palma de coco (<i>Cocos nucifera</i>) debe restringirse a las variedades que sean resistentes a la enfermedad conocida como “amarillamiento letal del cocotero”.
El Proyecto no contempla la introducción y manejo de palma de coco.	
CG-17	Se permite el manejo de especies exóticas, cuando: 1. La especie no esté catalogada como especie invasora por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y/o La SAGARPA. 2. La actividad no se proyecte en cuerpos naturales de agua, 3. El manejo de fauna, en caso de utilizar encierros, se debe realizar el tratamiento secundario por medio de biodigestores autorizados por la autoridad competente en la materia de aquellas aguas provenientes de la limpieza de los sitios de confinamiento. 4. Se garantice el confinamiento de los ejemplares y se impida su dispersión o distribución al medio natural. 5. Deberán estar dentro de una Unidad de Manejo Ambiental o PIMVS.
No se utiliza, ni se prevé la utilización de especies catalogadas como exóticas invasoras en el “ACUERDO por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México.”.	
CG-18	No se permite la acuicultura en cuerpos de agua en condiciones naturales, ni en cuerpos de agua artificiales con riesgo de afectación a especies nativas.
No se realizarán actividades de acuicultura.	
CG-19	Todos los caminos abiertos que estén en propiedad privada, deberán contar con acceso controlado, a fin de evitar posibles afectaciones a los recursos naturales existentes.
El Proyecto es una vialidad urbana municipalizada construida sobre pilas, por lo que no se contempla su ubicación sobre una propiedad privada.	
CG-20	Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua deberán mantener inalterada su estructura geológica y mantener el estrato arbóreo, asegurando que la superficie establecida para su uso garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.
Previo al inicio de la obra se contempla la ejecución de los estudios de geofísica (mecánica de suelos) sobre las áreas de impacto directo de las pilas con la finalidad de descartar la presencia de ríos subterráneos y cavernas.	
CG-21	Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha presencia al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y contar con su correspondiente autorización para la construcción de la obra o realización de actividades.
No existen vestigios arqueológicos en el sitio. En caso de identificar alguno, se dará aviso a las autoridades correspondientes, sin embargo, es importante manifestar que actualmente existe una solicitud en trámite al INAH por parte de la promovente, es decir, la AGEPRO.	

CG-22	El derecho de vía de los tendidos de energía eléctrica de alta tensión sólo podrá ser utilizado conforme a la normatividad aplicable, y en apego a ella no podrá ser utilizado para asentamientos humanos.
No se utilizará el derecho de vía en los tendidos de energía eléctrica para asentamientos humanos.	
CG-23	La instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión y de comunicación deberá ser subterránea en el interior de los predios, para evitar la contaminación visual del paisaje y afectaciones a la misma por eventos meteorológicos extremos y para minimizar la fragmentación de ecosistemas.
El proyecto no contempla la instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión y de comunicación.	
CG-24	Los taludes de los caminos y carreteras deberán ser reforestados con plantas nativas de cobertura y herbáceas que limiten los procesos de erosión
En caso de ser necesario, se atenderá lo descrito en este Criterio.	
CG-25	En ningún caso la estructura o cimentación de las construcciones deberá interrumpir la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea.
Las estructura o cimentación de las construcciones no interrumpe la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea, gracias a su método constructivo y diseño. La cimentación utilizada es, en general, profunda mediante pilas de concreto que no interrumpen la hidrodinámica natural dado que las pilas son localizadas y de tamaño reducido.	
Aunado a lo anterior, previo al inicio de la obra se contempla la ejecución de los estudios de geofísica (mecánica de suelos) sobre las áreas de impacto directo de las pilas con la finalidad de descartar la presencia de ríos subterráneos y cavernas.	
CG-26	De acuerdo a lo que establece el Reglamento Municipal de Construcción, los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben: A. Contar con al menos una letrina por cada 20 trabajadores. B. Áreas específicas y delimitadas para la pernocta y/o para la elaboración y consumo de alimentos, con condiciones higiénicas adecuadas (ventilación, miriñaques, piso de cemento, correcta iluminación, lavamanos, entre otros). C. Establecer las medidas necesarias para almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos sólidos generados. D. Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos peligrosos.
No existirán campamentos para los trabajadores, debido a que el proyecto se ubica en zona urbana con acceso directo a medios de transporte, dicho punto se aborda en el Capítulo 2 de la presente MIA.	
CG-27	En el diseño y construcción de los sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos se deberán colocar en las celdas para residuos y en el estanque de lixiviados, una geomembrana de polietileno de alta densidad o similar, con espesor mínimo de 1.5 mm. Previo a la colocación de la capa protectora de la geomembrana se deberá acreditar la aprobación de las pruebas de hermeticidad de las uniones de la geomembrana por parte de la autoridad que supervise su construcción.
El Proyecto no contempla un sitio de disposición final de residuos sólidos.	
CG-28	La disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o dragados sólo podrá realizarse en sitios autorizados por la autoridad competente, siempre y cuando no contengan residuos sólidos urbanos, así como aquellos que puedan ser catalogados como peligrosos por la normatividad vigente.
Los residuos derivados de la construcción serán manejados de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 6 de la presente MIA-R. Adicionalmente, por lo que respecta a los residuos peligrosos, serán manejados y trasladados por una empresa especializada que será subcontratada para enviarlos a destino final en un lugar autorizado por la autoridad, lo anterior se describe de manera detallada en el capítulo 6 de la presente MIA-R.	
CG-29	La disposición final de residuos sólidos únicamente podrá realizarse en los sitios previamente aprobados para tal fin.
Los residuos sólidos recolectados y almacenados serán enviados al sitio de disposición final de residuos sólidos municipal.	

CG-30	Los desechos biológicos infecciosos no podrán disponerse en el relleno sanitario y/o en depósitos temporales de servicio municipal.
El Proyecto no contempla la generación de residuos biológicos infecciones. Sin perjuicio de lo anterior, el SGAS incluye un Programa de Manejo y Gestión Integral de Residuos, el cual cumplirá con la normatividad aplicable en la materia.	
CG-31	Los sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos deberán contar con un banco de material pétreo autorizado dentro del área proyectada, mismo que se deberá ubicar aguas arriba de las celdas de almacenamiento y que deberá proveer diariamente del material de cobertura.
El Proyecto no contempla un sitio de disposición final de residuos sólidos.	
CG-32	Se prohíbe la quema de basura, así como su entierro o disposición a cielo abierto.
No se realizará la quema de basura bajo ninguna circunstancia.	
CG-33	Todos los proyectos deberán contar con áreas específicas para el acopio temporal de los residuos sólidos. En el caso de utilizar el servicio municipal de colecta, dichas áreas deben ser accesibles a la operación del servicio.
El Proyecto dará cumplimiento y contará con áreas específicas para el acopio temporal de los residuos sólidos.	
CG-34	El material pétreo, sascab, piedra caliza, tierra negra, tierra de despalme, madera, materiales vegetales y/o arena, que se utilice en la construcción de un proyecto, deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados.
Todos los insumos para la construcción provendrán de bancos de material autorizados.	
CG-35	En la superficie en la que por excepción la autoridad competente autorice la remoción de la vegetación, también se podrá retirar el suelo, subsuelo y las rocas para nivelar el terreno e instalar los cimientos de las edificaciones e infraestructura, siempre y cuando no se afecten los ríos subterráneos que pudieran estar presentes en los predios que serán intervenidos.
Previo al inicio de la obra se contempla la ejecución de los estudios de geofísica (mecánica de suelos) sobre las áreas de impacto directo de las pilas con la finalidad de descartar la presencia de ríos subterráneos y cavernas.	
CG-36	Los desechos orgánicos derivados de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales deberán aprovecharse en primera instancia para la recuperación de suelos, y/o fertilización orgánica de cultivos y áreas verdes, previo composteo y estabilización y ser dispuestos donde lo indique la autoridad competente en la materia.
No se realizarán actividades agrícolas, pecuarias y forestales.	
CG-37	Todos los proyectos que impliquen la remoción de la vegetación y el despalme del suelo deberán realizar acciones para la recuperación de la tierra vegetal, realizando su separación de los residuos vegetales y pétreos, con la finalidad de que sea utilizada para acciones de reforestación dentro del mismo proyecto o donde lo disponga la autoridad competente en la materia, dentro del territorio municipal.
El Proyecto propone un Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar, así como un Subprograma de Reforestación, como se define en el SGAS incluido en el Capítulo 6 de esta MIA-R.	
CG-38	No se permite la transferencia de densidades de cuartos de hotel, residencias campestres, cabañas rurales y/o cabañas ecoturísticas de una unidad de gestión ambiental a otra.
El proyecto no pretende realizar transferencia de densidades.	
CG-39	El porcentaje de desmonte permitido en cada UGA que impliquen el cambio de uso de suelo de la vegetación forestal, solo podrá realizarse cuando la autoridad competente expida por excepción las autorizaciones de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales.
Se obtendrá la autorización de CUST correspondiente.	

Tabla 3. 30. Vinculación con los Criterios Urbanos del POEL-BJ

CRITERIOS APLICABLES DEL POEL BJ	
URB-01	En tanto no existan sistemas municipales para la conducción y tratamiento de las aguas residuales municipales, los promoventes de nuevos proyectos, de hoteles, fraccionamientos, condominios, industrias y similares, deberán instalar y operar por su

	propia cuenta, sistemas de tratamiento y reciclaje de las aguas residuales, ya sean individuales o comunales, para satisfacer las condiciones particulares que determinen las autoridades competentes y las normas oficiales mexicanas aplicables en la materia.
Debido a la naturaleza del Proyecto, este criterio no es vinculante.	
URB-02	A fin de evitar la contaminación ambiental y/o riesgos a la salud pública y sólo en aquellos casos excepcionales en que el tendido de redes hidrosanitarias no exista, así como las condiciones financieras, socioeconómicas y/o topográficas necesarias para la introducción del servicio lo ameriten y justifiquen, la autoridad competente en la materia podrá autorizar a persona físicas el empleo de biodigestores para que en sus domicilios particulares se realice de manera permanente un tratamiento de aguas negras domiciliarias. Estos sistemas deberán estar aprobados por la autoridad ambiental competente.
Este Criterio no es aplicable, con base en que el sistema Ambiental se encuentra dentro de un área totalmente urbanizada que cuenta con todos los servicios tanto de energía eléctrica como hidrosanitarios.	
URB-03	En zonas que ya cuenten con el servicio de drenaje sanitario el usuario estará obligado a conectarse a dicho servicio. En caso de que a partir de un dictamen técnico del organismo operador resulte no ser factible tal conexión, se podrán utilizar sistemas de tratamiento debidamente certificados y contar con la autorización para las descargas por la CONAGUA.
Las obras y actividades del Proyecto no incluyen utilizar sistemas de tratamiento.	
URB-04	Los sistemas de producción agrícola intensiva (invernaderos, hidroponía y viveros) que se establezcan dentro de los centros de población deben reducir la pérdida del agua de riego, limitar la aplicación de agroquímicos y evitar la contaminación de los mantos freáticos.
Este Criterio no es vinculante.	
URB-05	En el caso de los campos de golf o usos de suelo similares que requieran la aplicación de riegos con agroquímicos y/o aguas residuales tratadas, deberán contar con la infraestructura necesaria para optimización y reciclaje del agua. Evitando en toda la contaminación al suelo, cuerpos de agua, y mantos freáticos.
El proyecto no contempla el riego o mantenimiento de un campo de golf, ni usos de suelo similares.	
URB-06	Los proyectos de campos deportivos y/o de golf, así como las áreas jardinadas de los desarrollos turísticos deberán minimizar el uso de fertilizantes y/o pesticidas químicos para evitar riesgos de contaminación.
Este Criterio no es vinculante.	
URB-07	No se permite la disposición de aguas residuales sin previo tratamiento hacia los cuerpos de agua, zonas inundables y/o al suelo y subsuelo, por lo que se promoverá que se establezca un sistema integral de drenaje y tratamiento de aguas residuales.
Por la naturaleza propia del Proyecto, no se contempla generar cantidades considerables de aguas residuales. En este sentido, no es necesario establecer un sistema integral de drenaje y tratamiento de aguas residuales.	
URB-08	En las zonas urbanas y sus reservas del Municipio de Benito Juárez se deberán establecer espacios ajardinados que incorporen elementos arbóreos y arbustivos de especies nativas.
Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.	
URB-09	Para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, dotar espacios para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, deben existir parques y espacios recreativos que cuenten con elementos arbóreos y arbustivos y cuya separación no será mayor a un km entre dichos parques.
Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.	
URB-10	Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua presentes en los centros de población deben formar parte de las áreas verdes, asegurando que la superficie establecida para tal destino del suelo garantice el mantenimiento de las condiciones

	ecológicas de dichos ecosistemas.
	Si bien parte del Proyecto se llevará a cabo sobre el cuerpo de agua conocido como “Laguna Nichupté”, a través del método constructivo de colocación de pilas, se garantiza el mantenimiento de las condiciones ecológicas y la no afectación a la hidrodinámica de la Laguna.
URB-11	Para el ahorro del recurso agua, las nuevas construcciones deberán implementar tecnologías que aseguren el ahorro y uso eficiente del agua.
	Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.
URB-12	En las plantas de tratamiento de aguas residuales y de desactivación de lodos deberán implementarse procesos para la disminución de olores y establecer franjas de vegetación arbórea de al menos 15 m de ancho que presten el servicio de barreras dispersantes de malos olores dentro del predio que se encuentren dichas instalaciones.
	Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.
URB-13	La canalización del drenaje pluvial hacia espacios verdes, cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, debe realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos, u otros que garanticen la retención de sedimentos y contaminantes. Dicha canalización deberá ser autorizada por la Comisión Nacional del Agua.
	El sistema de drenaje pluvial contará con el sistema de trampas de grasas y sólidos, de conformidad con lo establecido en este criterio (ver Capítulo 2),
URB-14	Los crematorios deberán realizar un monitoreo y control de sus emisiones a la atmósfera.
	Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.
URB-15	Los cementerios deberán impermeabilizar paredes y piso de las fosas, con el fin de evitar contaminación al suelo, subsuelo y manto freático.
	Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.
URB-16	Los proyectos en la franja costera dentro de las UGA's urbanas deberán tomar en cuenta la existencia de las bocas de tormenta que de manera temporal desaguan las zonas sujetas a inundación durante la ocurrencia de lluvias extraordinarias o eventos ciclónicos. Por ser tales sitios zonas de riesgo, en los espacios públicos y privados se deben de realizar obras de ingeniería permanentes que en una franja que no será menor de 20 m conduzcan y permitan el libre flujo que de manera natural se establezca para el desagüe.
	Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.
URB-17	Serán susceptible de aprovechamiento los recursos biológicos forestales, tales como semilla, que generen los árboles urbanos, con fines de propagación por parte de particulares, mediante la autorización de colecta de recursos biológicos forestales.
	Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.
URB-19	La autorización emitida por la autoridad competente para la explotación de bancos de materiales pétreos deberá sustentarse en los resultados provenientes de estudios de mecánica de suelos y geohidrológicos que aseguren que no existan afectaciones irreversibles al recurso agua, aun en los casos de afloramiento del acuífero para extracción debajo del manto freático. Estos estudios deberán establecer claramente cuáles serán las medidas de mitigación aplicables al proyecto y los parámetros y periodicidad para realizar el monitoreo que tendrá que realizarse durante todas las etapas del proyecto, incluyendo las actividades de la etapa de abandono.
	No se realizará la explotación de bancos de materiales pétreos o similares.
URB-20	Con el objeto de integrar cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas a las áreas públicas urbanas, se permite realizar un aclareo, poda y modificación de vegetación rastrera y arbustiva presente, respetando en todo momento los elementos arbóreos y vegetación de relevancia ecológica, así como la estructura geológica de estas formaciones.
	Si bien parte de las obras y actividades propuestas se llevarán a cabo sobre el cuerpo de agua conocido como “Laguna Nichupté”, el Proyecto será ejecutado en pilas, minimizando la afectación directa al suelo y a la vegetación y se procurará que estas sean hincadas en áreas sin vegetación aparente (ver Capítulo 2 de la presente MIA-R), lo cual garantiza que se mantenga la continuidad de las áreas con vegetación natural. Tal y como se demuestra en los Capítulos 4 y 6 de la presente

MIA-R, a través de las medidas descritas en el SGAS del Proyecto, la tasa de afectación de individuos de flora se verá reducida con base en el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar propuesto en el Capítulo 6.	
URB-21	Los bancos de materiales autorizados deben respetar una zona de amortiguamiento que consiste en una barrera vegetal alrededor del mismo, conforme lo señala el Decreto 36, del Gobierno del Estado; y/o la disposición jurídica que la sustituya.
No es necesario el establecimiento de una zona de amortiguamiento ya que el proyecto no se trata de un banco de material.	
URB-22	Para evitar la contaminación del suelo y subsuelo, en las actividades de extracción y exploración de materiales pétreos deberán realizarse acciones de acopio, separación, utilización y disposición final de cualquier tipo de residuos generados, en el marco de lo que establezcan las disposiciones jurídicas aplicables.
No se realizará la extracción de materiales de ningún tipo.	
URB-23	Para reincorporar las superficies afectadas por extracción de materiales pétreos a las actividades económicas del municipio, deberá realizarse la rehabilitación de dichas superficies en congruencia con los usos que prevean los instrumentos de planeación vigentes para la zona.
No se realizará la extracción de materiales de ningún tipo, por lo que no es necesaria la rehabilitación de la zona por ese concepto.	
URB-24	Los generadores de Residuos de Manejo Especial y los Grandes Generadores de Residuos Sólidos Urbanos deberán contar con un plan de manejo de los mismos, en apego a la normatividad vigente en la materia.
El Proyecto no se considera un generador de Residuos de Manejo Especial o un Gran Generador de Residuos Sólidos Urbanos. Sin perjuicio de lo anterior, durante la construcción de las obras del Proyecto, se establecen medidas y acciones dentro del Capítulo 6 de la presente MIA-R.	
URB-25	Para el caso de fraccionamientos habitacionales, el fraccionador deberá construir a su cargo y entregar al Ayuntamiento por cada 1000 viviendas previstas en el proyecto de fraccionamiento, parque o parques públicos recreativos con sus correspondientes áreas jardinadas y arboladas con una superficie mínima de 5,000 metros cuadrados, mismos que podrán ser relacionados a las áreas de donación establecidas en la legislación vigente en la materia. Tratándose de fracciones en el número de viviendas previstas en el fraccionamiento, las obras de equipamiento urbano serán proporcionales, pudiéndose construir incluso en predios distintos al fraccionamiento.
El proyecto no contempla la construcción de fraccionamientos habitacionales.	
URB-26	En las etapas de crecimiento de la mancha urbana considerada por el PDU, para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, favorecer la función de barrera contra ruido, dotar espacios para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, los fraccionamientos deben incorporar áreas verdes que contribuyan al Sistema Municipal de Parques, de conformidad con la normatividad vigente en la materia .
El proyecto no contempla la construcción de fraccionamientos habitacionales.	
URB-27	La superficie ocupada por equipamiento en las áreas verdes no deberá exceder de un 30% del total de la superficie cada una de ellas.
Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.	
URB-28	Para evitar las afectaciones por inundaciones, se prohíbe el establecimiento de fraccionamientos habitacionales, así como de infraestructura urbana dentro del espacio excavado de las sascaberas en desuso y en zonas en donde los estudios indiquen que existe el riesgo de inundación (de acuerdo al Atlas de Riesgos del municipio y/o del estado).
El proyecto no contempla la construcción de fraccionamientos habitacionales.	
URB-29	En la construcción de fraccionamientos dentro de las áreas urbanas, se permite la utilización del material pétreo que se obtenga de los cortes de nivelación dentro del predio. El excedente de los materiales extraídos que no sean utilizados deberá disponerse en la forma indicada por la autoridad competente en la materia.

El proyecto no contempla la construcción de fraccionamientos habitacionales.	
URB-30	En zonas inundables, se deben mantener las condiciones naturales de los ecosistemas y garantizar la conservación de las poblaciones silvestres que la habitan. Por lo que las actividades recreativas de contemplación deben ser promovidas y las actividades de aprovechamiento extractivo y de construcción deben ser condicionadas.
El Proyecto no considera actividades recreativas de contemplación.	
URB-31	Las áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad y/o del agua que colinden con las áreas definidas para los asentamientos humanos, deberán ser los sitios prioritarios para ubicar los ejemplares de plantas y animales que sean rescatados en el proceso de eliminación de la vegetación.
El proyecto no contempla la construcción de asentamientos humanos. Asimismo, el SGAS incluye acciones encaminadas a la reubicación de ejemplares de plantas y animales que sean rescatados en el proceso de eliminación de la vegetación.	
URB-32	Deberá preverse un mínimo de 50% de la superficie de los espacios públicos jardinados para que tengan vegetación natural de la zona y mantener todos los árboles nativos que cuenten con DAP mayores de 15 cm, en buen estado fitosanitario y que no representen riesgo de accidentes para los usuarios.
Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.	
URB-33	Deberán establecerse zonas de amortiguamiento de al menos 50 m alrededor de las zonas industriales y centrales de abastos que se desarrollen en las reservas urbanas. Estas zonas de amortiguamiento deberán ser dotados de infraestructura de parque público.
Toda vez que el proyecto no se encuentra contiguo a una zona industrial o central de abastos, no es necesaria la implementación de una zona de amortiguamiento.	
URB-34	En los programas de rescate de fauna silvestre que deben elaborarse y ejecutarse con motivo de la eliminación de la cobertura vegetal de un predio, se deberá incluir el sitio de reubicación de los ejemplares, aprobado por la autoridad ambiental competente.
Se cumple, tal y como se demuestra en los Programas descritos en el SGAS incluido en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.	
URB-35	No se permite introducir o liberar fauna exótica en parques y/o áreas de reservas urbanas.
No se introducirá o liberará fauna exótica en ningún lugar y bajo ninguna circunstancia.	
URB-36	Las áreas con presencia de ecosistemas de manglar dentro de los centros de población deberán ser consideradas como Áreas de Preservación Ecológica para garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales que proveen por lo que no podrán ser modificadas, con el fin de proporcionar una mejor calidad de vida para los habitantes del municipio; con excepción de aquellas que cuenten previamente con un plan de manejo autorizado por la autoridad ambiental competente.
<p>Como se ha manifestado a lo largo del presente estudio de evaluación de impacto ambiental, el Proyecto plantea la afectación directa de 3498.41 m² en vegetación de manglar, de los cuales 650.87 m², corresponden a obras permanentes por la colocación de las pilas y el terraplén, y 2847.54 m², corresponden al impacto por obras temporales. Dichas afectaciones se consideran temporales y limitadas a nivel individuos y no ecosistema. En este sentido, la cantidad de individuos a ser removidos no representa porcentaje significativo en relación con el número total de ejemplares de manglar en el área del Proyecto.</p> <p>Como parte de las acciones de mitigación de la remoción mencionada se ha planteado la elaboración del Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar a fin de rehabilitar el manglar existente en la zona y aumentar la superficie total de vegetación de manglar mediante la donación de 305.85 ha a la SEMARNAT, de las cuales 208.44 ha están dentro del Acuerdo de Destino y 97.41 ha fuera del mismo.</p> <p>En este tenor, el plan de manejo al que hace referencia este Criterio URB-36 se integra como parte de la presente MIA-R para su revisión y aprobación como parte del procedimiento de evaluación del impacto ambiental del Proyecto, incluyendo, de así requerirlo, el involucramiento de la Dirección</p>	

General de Vida Silvestre durante el mismo.	
Así, por medio de la implementación de las acciones establecidas en el plan de manejo, se pretende generar una tasa cero por remoción de individuos de mangle, es decir, que a través de las medidas de este programa, se recupere la cobertura que ocupaban, se mejore la calidad ambiental.	
URB-37	Para minimizar los impactos ambientales y el efecto de borde sobre los ecosistemas adyacentes a los centros urbanos, la ocupación de nuevas reservas territoriales para el desarrollo urbano, solo podrá realizarse cuando se haya ocupado el 85% del territorio de la etapa de desarrollo urbano previa.
Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.	
URB-38	Las áreas verdes de los estacionamientos descubiertos públicos y privados deben ser diseñadas en forma de camellones continuos y deberá colocarse por lo menos un árbol por cada dos cajones de estacionamiento.
Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.	
URB-39	Los predios colindantes con los humedales deberán tener áreas de vegetación, preferentemente nativa, que permitan el tránsito de la vida silvestre hacia otros manchones de vegetación. Los predios colindantes en el Sur del área natural protegida Manglares de Nichupté (ANPLN) deberán mantener su cubierta vegetal para favorecer el tránsito de fauna. Se deberán realizar obras que permitan la comunicación de la fauna entre el ANPLN el área de vegetación nativa con la que colinda en su límite Sur, para tal efecto se deberán realizar las obras necesarias en la carretera que las divide para que la fauna pueda transitar entre ambos terrenos, sin que pueda ser atropellada.
El predio se ubica al noreste de la Laguna Nichupté, por lo que no es colindante con el ANPLN. De cualquier forma, el proyecto será pilotado, lo que permite la comunicación de la fauna entre las áreas de vegetación.	
URB-40	En las previsiones de crecimiento de las áreas urbanas colindantes con las ANPs, se deberán mantener corredores biológicos que salvaguarden la conectividad entre los ecosistemas existentes.
Debido a la naturaleza del Proyecto sujeto a evaluación, este criterio no es vinculante.	
URB-41	Los proyectos urbanos deberán reforestar camellones y áreas verdes colindantes a las ANP's y parques municipales deberán reforestar con especies nativas que sirvan de refugio y alimentación para la fauna silvestre, destacando el chicozapote (<i>Manilkara zapota</i>), la guaya (<i>Talisia olivaeformis</i>), capulín (<i>Muntingia calabura</i>), Ficus spp, entre otros.
El Proyecto no contempla camellones ni áreas verdes, por lo este Proyecto no es vinculante. Sin perjuicio de lo anterior, el SGAS del Proyecto incluye un Subprograma de Reforestación y un Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar para su validación.	
URB-43	Las áreas verdes y en las áreas urbanas de conservación, deberán contar con el equipamiento adecuado para evitar la contaminación por residuos sólidos, ruido, aguas residuales y fecalismo al aire libre.
El Proyecto no contempla camellones ni áreas verdes, por lo este Proyecto no es vinculante. Sin perjuicio de lo anterior, el SGAS del Proyecto incluye un Subprograma de Reforestación y se propone un Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar.	
URB-44	Las autorizaciones municipales para el uso de suelo en los predios colindantes a la zona federal marítimo terrestre y las concesiones de zona federal marítimo terrestre otorgadas por la Federación, deberán ser congruentes con los usos de suelo de la zona que expida el Estado o Municipio.
Se atenderá la congruencia con el PMDUS-BJ y demás disposiciones de desarrollo urbano aplicables.	
URB-45	Para recuperar el paisaje y compensar la pérdida de vegetación en las zonas urbanas, en las actividades de reforestación designadas por la autoridad competente, se usarán de manera prioritaria especies nativas acordes a cada ambiente.
En caso de contar con áreas ajardinadas, se utilizarán especies nativas acordes a cada ambiente.	

URB-46	El establecimiento de actividades de la industria concretera y similares debe ubicarse a una distancia mínima de 500 metros del asentamiento humano más próximo y debe contar con barreras naturales perimetrales para evitar la dispersión de polvos.
No se realizarán actividades de la industria concretera y similares.	
URB-47	Se establecerán servidumbres de paso y accesos a la zona federal marítimo terrestre y el libre paso por la zona federal a una distancia máxima de 1000 metros entre estos accesos, de conformidad con la Ley de Bienes Nacionales y el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.
Debido a la naturaleza del proyecto este criterio no es vinculante.	
URB-48	En las áreas de aprovechamiento proyectadas se debe mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.
El Proyecto no contempla la inclusión de camellones, por lo que este criterio no es vinculante.	
URB-49	Los proyectos que pretendan realizarse en predios que colinden con playas aptas para la anidación de tortugas marinas deberán incorporar medidas preventivas que minimicen el impacto negativo a estos animales tanto durante la temporada de arribo y anidación de las hembras como durante el período de desarrollo de los huevos y eclosión de las crías.
El presente Proyecto no es colindante con playas aptas para la anidación de tortuga, por lo que este criterio no es vinculante.	
URB-50	Las especies recomendadas para la reforestación de dunas son: plantas rastreras: <i>Ipomea pes-caprae</i> , <i>Sesuvium portulacastrum</i> , herbáceas: <i>Ageratum littorale</i> , <i>Erythalis fruticosa</i> y arbustos: <i>Tournefortia gnaphalodes</i> , <i>Suriana maritima</i> y <i>Coccoloba uvífera</i> y Palmas <i>Thrinax radiata</i> , <i>Coccothrinax readii</i> .
El Proyecto no contempla la reforestación de dunas.	
URB-51	La selección de sitios para la rehabilitación de dunas y la creación infraestructura de retención de arena deberá tomar en cuenta los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> - Que haya evidencia de la existencia de dunas en los últimos 20 años. - Que los vientos prevaletentes soplen en dirección a las dunas. - Que existan zonas de dunas pioneras (embrionarias) en la playa en la que la arena esté constantemente seca, para que constituya la fuente de aportación para la duna. - Las cercas de retención deberán ser biodegradables, con una altura aproximada de 1.2 m y con 50% de porosidad y ubicadas en paralelo a la costa. - Las dunas rehabilitadas deberán ser reforestadas
El Proyecto no contempla la reforestación o rehabilitación de dunas.	
URB-52	En las playas de anidación de tortugas marinas se deben realizar las siguientes medidas precautorias: <ul style="list-style-type: none"> • Evitar la remoción de la vegetación nativa y la introducción de especies exóticas en el hábitat de anidación. • Favorecer y propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de anidación. • Retirar de la playa, durante la temporada de anidación, cualquier objeto movable que tenga la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías. • Eliminar, reorientar o modificar cualquier instalación o equipo que durante la noche genere una emisión o reflexión de luz hacia la playa de anidación o cause resplandor detrás de la vegetación costera, durante la época de anidación y emergencia de crías de tortuga marina. Orientar los tipos de iluminación que se instalen cerca de las playas de anidación, de tal forma que su flujo luminoso sea dirigido hacia abajo y fuera de la playa, usando alguna de las siguientes medidas para la mitigación del impacto: <ol style="list-style-type: none"> a) Luminarias direccionales o provistas de mamparas o capuchas.

	<p>b) Focos de bajo voltaje (40 watts) o lámparas fluorescentes compactas de luminosidad equivalente.</p> <p>c) Fuentes de luz de coloración amarilla o roja, tales como las lámparas de vapor de sodio de baja presión.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tomar medidas para mantener fuera de la playa de anidación, durante la temporada de anidación, el tránsito vehicular y el de cualquier animal doméstico que pueda perturbar o lastimar a las hembras, nidadas y crías. Sólo pueden circular los vehículos destinados para tareas de monitoreo y los correspondientes para el manejo y protección de las tortugas marinas, sus nidadas y crías.
El presente Proyecto no es colindante con playas aptas para la anidación de tortuga, por lo que este criterio no es vinculante.	
URB-53	Las obras y actividades que son susceptibles de ser desarrolladas en las dunas costeras deberán evitar la afectación de zonas de anidación y de agregación de especies, en particular aquellas que formen parte del hábitat de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
El Proyecto no se realizará en dunas costeras, por lo que este Criterio no es vinculante.	
URB-54	En las dunas no se permite la instalación de tuberías de drenaje pluvial, la extracción de arena, ni ser utilizadas como depósitos de la arena o sedimentos que se extraen de los dragados que se realizan para mantener la profundidad en los canales de puertos, bocas de lagunas o lagunas costeras.
El Proyecto no se realizará en dunas costeras, por lo que este Criterio no es vinculante.	
URB-55	La construcción de infraestructura permanente o temporal debe quedar fuera de las dunas pioneras (embrionarias).
El Proyecto no se realizará en dunas costeras, por lo que este Criterio no es vinculante.	
URB-56	<p>En las dunas primarias podrá haber construcciones de madera o material degradable y piloteadas (p.e. casas tipo palafito o andadores), detrás de la cara posterior del primer cordón y evitando la invasión sobre la corona o cresta de estas dunas.</p> <p>El pilotaje deberá ser superficial (hincado a golpes), no cimentado y deberá permitir el crecimiento de la vegetación, el transporte de sedimentos y el paso de fauna, por lo que se recomienda que tenga al menos un metro de elevación respecto al nivel de la duna. Esta recomendación deberá revisarse en regiones donde hay fuerte incidencia de huracanes, ya que en estas áreas constituyen un sistema importante de protección, por lo que se recomienda, después de su valoración específica, dejar inalterada esta sección del sistema de dunas.</p>
El Proyecto no se realizará en dunas costeras, por lo que este Criterio no es vinculante.	
URB-57	La restauración de playas deberá realizarse con arena que tenga una composición química y granulometría similar a la de la playa que se va a rellenar. El material arenoso que se empleará en la restauración de playas deberá tener la menor concentración de materia orgánica, arcilla y limo posible para evitar que el material se consolide formando escarpes pronunciados en las playas por efecto del oleaje.
El presente Proyecto no contempla la restauración de playas.	
URB-58	Se prohíbe la extracción de arena en predios ubicados sobre la franja litoral del municipio con cobertura de matorral costero.
El proyecto no contempla la extracción de arena.	
URB-59	En las áreas verdes los residuos vegetales producto de las podas y deshierbes deberán incorporarse al suelo después de su composteo. Para mejorar la calidad del suelo y de la vegetación.
El Proyecto no contempla áreas verdes, por lo que este criterio no es vinculante.	

A través de las tablas recién presentadas, se demuestra el cumplimiento del Proyecto con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez.

3.10 PLANES Y PROGRAMAS DE DESARROLLO

Los planes y programas de desarrollo funcionan como herramientas de participación ciudadana, donde por disposición constitucional deben recopilarse a través de diferentes medios, las demandas y aspiraciones de los diversos sectores sociales y por otra parte también sirven como guía de mandato para los gobiernos del ámbito federal, estatal y local, toda vez que constituyen las directrices que encauzarán las acciones de los gobernantes durante su periodo de gobierno.

En relación a lo anterior, los planes y programas de planeación, si bien representan acciones de índole programática o planeación para la autoridad competente, es decir, para los gobiernos de los tres órdenes, conforme a lo establecido en las propias Leyes de Planeación; se puede afirmar que el Proyecto es congruente con los planes y programas de desarrollo que le aplican, tal y como se demuestra en este capítulo.

De conformidad con lo anterior, se presenta a continuación la vinculación del proyecto con los planes y programas de desarrollo vigentes y en ejecución, de la nación, el estado de Quintana Roo y del municipio de Benito Juárez, esto con el propósito de demostrar la compatibilidad de las obras y actividades que se proponen con estos instrumentos, y específicamente respecto a los temas relacionados con el medio ambiente, el desarrollo de la entidad y del turismo como actividad productiva.

3.10.1 Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018 -2030

Publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 17 de abril de 2019, el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018 -2030 (PMDU-BJ), este instrumento establece “Distritos”, lo que se refiere al espacio territorial que subdivide al centro de población con fines de ordenamiento territorial (POEQROO, 2019). En este sentido, el área sujeta a este Ordenamiento se distribuye en 22 Distritos, señalando las siguientes Políticas:

- **Conservación:** Orientada a mitigar los efectos negativos al desarrollo urbano sobre el patrimonio natural y cultural. Aplicándose en áreas que requieran ser preservadas o rehabilitadas para sustraerla de su posible eliminación o deterioro, o bien mantenerlas en sus condiciones actuales.
- **Consolidación:** Dirigida a ordenar, regular y desarrollar la consolidación de la estructura urbana y de las construcciones existentes.

- **Crecimiento:** Dirigida a ordenar, regular y desarrollar la expansión física de la superficie urbana en el centro de población a fin de lograr un conveniente aprovechamiento de la infraestructura, equipamiento y servicios existentes.
- **Mejoramiento:** Dirigida al mejoramiento de la estructura urbana y de las construcciones existentes y con la realización de nuevos proyectos con objeto de mejorar la calidad de vida de todo el contexto urbano.
- **Reciclamiento:** Dirigida a ordenar, regular y desarrollar la renovación urbana y de infraestructura obsoleta, espacios subutilizados, deteriorados, construcciones abandonadas fomentando la realización de nuevos comercio y viviendas.

A su vez, este PMDU contempla “*Polígonos de Actuación*”, lo cual se refiere a áreas para el desarrollo o aprovechamiento de inmuebles declarados por los municipios, mediante la relotificación y relocalización de usos del suelo y destinos, así como para un adecuado reparto de cargas y beneficios. De esta forma, se señalan 7 proyectos estratégicos que se regirán por este esquema, incluyendo al **Puente Nichupté**.

De esta forma, el trazo del Proyecto incide en los Distritos 2 y 8, y su patio de maniobras en el Distrito 7, como se presenta en las siguientes Figura:

Figura 3. 13. Ubicación del Proyecto con relación al Distrito 2 del PMDUS-BJ

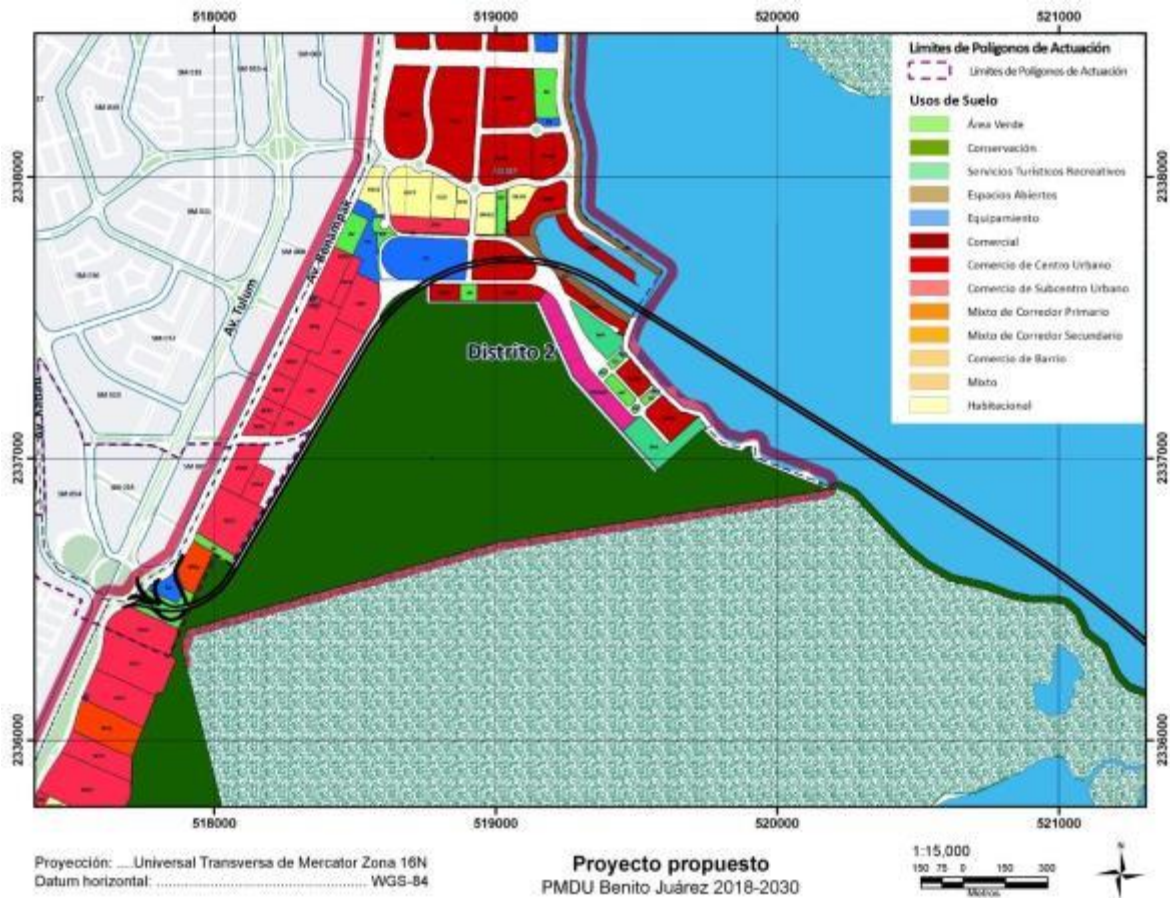


Figura 3. 14. Ubicación del Proyecto con relación al Distrito 8 del PMDUS-BJ

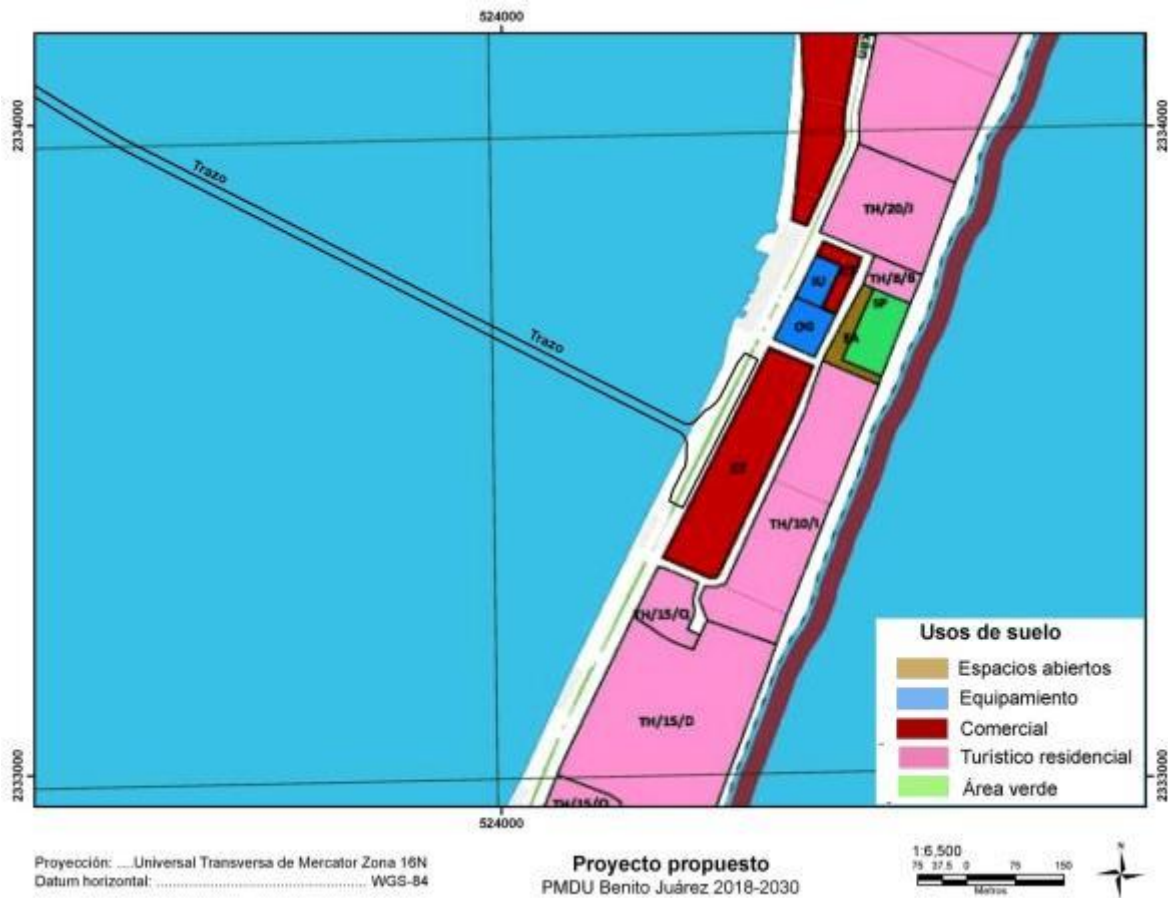
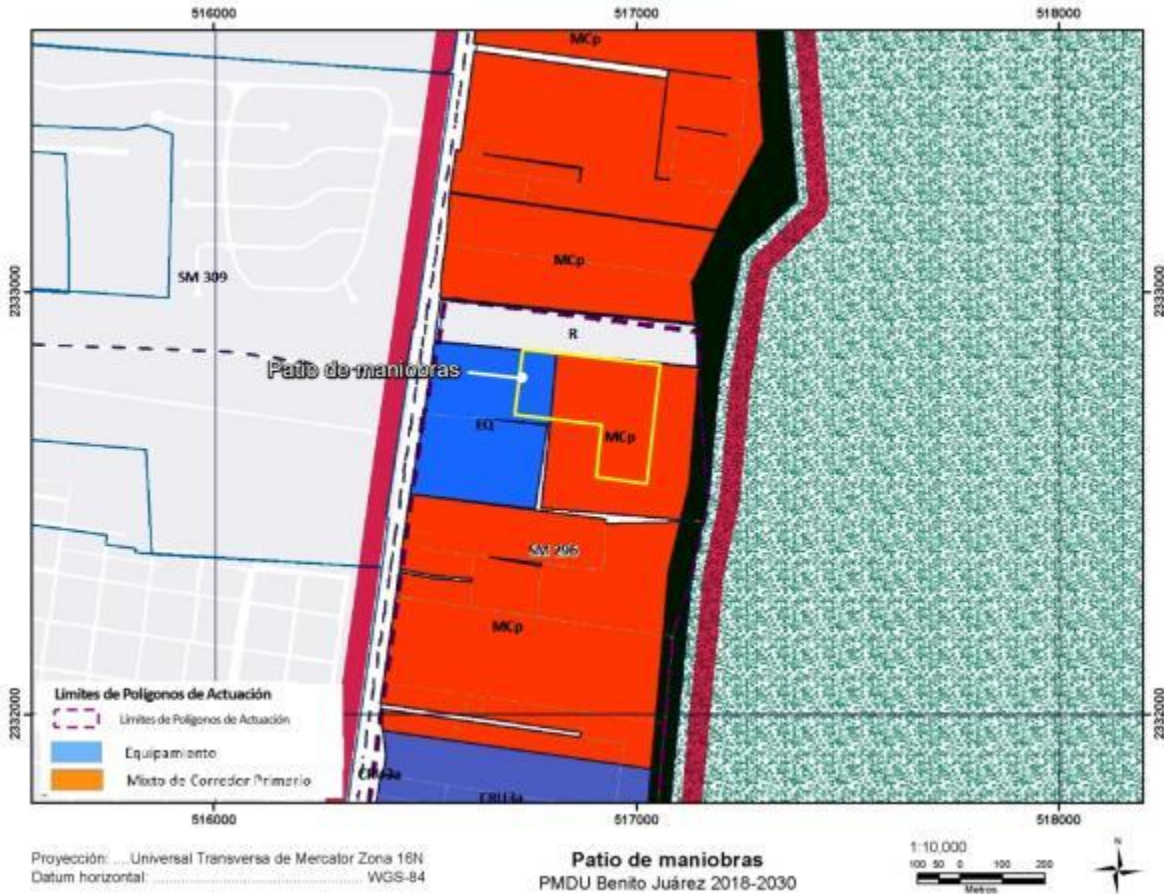


Figura 3. 15. Ubicación de obras y actividades referentes al patio de maniobras con relación al PMDU-BJ.



De esta forma, se presenta la vinculación del Proyecto con este Instrumento:

Tabla 3. 31. Vinculación del Proyecto con la regulación aplicable del PMDUS-BJ

No.	Regulación Aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
1.	<p>Los proyectos estratégicos generarán un impacto urbano en su zona de influencia por lo que requieren ser planificados bajo una visión integral que garantice su desarrollo y revitalización urbana y ambiental; protegiendo y fomentando el espacio público, a través de la intervención gubernamental y privada por lo que, bajo un esquema público- privado se podrán trabajar los siguientes proyectos estratégicos bajo este esquema:</p> <p>(...) Puente Nichupté. (...)</p> <p>En el área de influencia de estos proyectos se podrán determinar polígonos de actuación los que podrán desarrollarse, operarse e implementarse a través de "Sistemas de Actuación de Acción Urbanística Público – Privada"; en estos polígonos podrá realizarse un Programa Parcial o Plan Maestro permita la mezcla de</p>	<p>SE CUMPLE</p> <p>El Proyecto contempla la ejecución de un Polígono de Actuación bajo una visión integral que garantice su desarrollo y revitalización urbana y ambiental; protegiendo y fomentando el espacio público, a través de la intervención gubernamental; mediante el cual se asegure la compatibilidad del uso de suelo de los predios sobre los cuales se pretende desarrollar el Proyecto, con el PDUM-BJ</p>

No.	Regulación Aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
	Usos de Suelo, que sean compatibles con los usos del "Proyecto Estratégico", con el propósito de ordenar el espacio. Lo anterior con la finalidad de integrar el área al entorno, implementando de manera conjunta proyectos comerciales y de servicios y de impulso a la vivienda. Cumpliendo con objetivos de funcionalidad, fomento económico, seguridad pública e imagen urbana.	
2.	<p>Norma Particular para Polígonos de Actuación</p> <p>Entre sus principios rectores se encuentran rescatar el espacio público, fortalecer el desarrollo de la sociedad, proteger los recursos naturales y ofrecer zonas urbanas atractivas para la inversión pública y privada.</p> <p>Los Polígonos de Actuación vinculados a proyectos estratégicos son zonas de la ciudad que requieren ser intervenidos bajo una visión integral que impulse su regeneración, así como su revitalización tanto urbana como ambiental, protegiendo y fomentando el desarrollo urbano en su integración con el espacio público, a través de los mecanismos correspondientes.</p> <p>Estas zonas estratégicas de la ciudad demandarán mayor capacidad en infraestructura, dotación de servicios y transporte público, por lo que representan potencial para absorber crecimiento, mantener una capacidad instalada suficiente para intensificar las actividades sociales y económicas, y que incidan, o se relacionen con el conjunto de la Ciudad.</p> <p>Para definir los nuevos lineamientos y las áreas determinadas como Polígonos de Actuación en Zonas Estratégicas de la ciudad a través de un Plan Maestro, en términos del uso del suelo, coeficiente de ocupación del suelo (COS), coeficiente de utilización del suelo (CUS), de altura o alturas máximas permitidas, de área libre de construcción mínima, restricciones a la construcción, de la aplicación de otras normas de ordenación particulares y lineamientos que los proyectos deberán respetar para la consecución de los objetivos del desarrollo urbano ordenado, se sujetará a lo establecido en la legislación en la materia.</p> <p>Es importante considerar que de acuerdo a las necesidades y crecimiento de la ciudad se pueden generar otros Polígonos de Actuación en zonas estratégicas.</p>	<p>SE CUMPLE</p> <p>El Proyecto contempla la ejecución de un Polígono de Actuación bajo una visión integral que garantice su desarrollo y revitalización urbana y ambiental; protegiendo y fomentando el espacio público, a través de la intervención gubernamental; mediante el cual se asegure la compatibilidad del uso de suelo de los predios sobre los cuales se pretende desarrollar el Proyecto, con el PDUM-BJ</p>
3.	Uso de Suelo del lote 2 de la Súper manzana (Sm) 10, Distrito 2: Área Verde.	<p>SE CUMPLE</p> <p>Cambio de uso de suelo a través de Polígono de Actuación</p>
4.	Uso de Suelo de los lotes 2-A y 2-C: destinos de utilidad pública, con especificidad de Equipamiento.	<p>SE CUMPLE</p> <p>Cambio de uso de suelo a través de Polígono de Actuación</p>

No.	Regulación Aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
5.	Uso de Suelo de los lotes 4-Ay 5-A propiedad de FONATUR: zona de vegetación de sabana, un área con vegetación hidrófila catalogada como Área de Conservación con fines de utilidad pública.	SE CUMPLE Uso de suelo compatible por tratarse de un proyecto de utilidad pública, al tratarse de una vialidad pública que tendrá como fin mejorar la movilidad entre el centro urbano y la zona hotelera, a través de la implementación de una vía alterna de acceso.
6.	Uso de Suelo del lote San Buenaventura, propiedad de FONATUR: zona con vegetación hidrófila y de manglar, catalogada como un Área de Conservación, con fines de utilidad pública	SE CUMPLE Uso de suelo compatible por tratarse de un proyecto de utilidad pública, al tratarse de una vialidad pública que tendrá como fin mejorar la movilidad entre el centro urbano y la zona hotelera, a través de la implementación de una vía alterna de acceso.
7.	Uso de Suelo Mixto de Corredor Secundario MCp relativo al parque de maniobras.	SE CUMPLE Al tratarse de un Uso de Suelo Mixto, así como que las obras y actividades que se proponen en esta área únicamente son de carácter temporal siendo estructuras móviles sin cimentación, no existe impedimento alguno para evitar la ejecución del patio de maniobras en esta zona. Por los mismos motivos, no se contabiliza COS ni CUS de las obras temporales.

Aunado a lo anterior, este instrumento de Desarrollo Urbano contempla elaborar un Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS), así como incluir acciones que contemplan desarrollar formas eficientes para la circulación de los automóviles mediante distribuidores viales, ampliación de carriles, pavimentación de calles y avenidas con concreto hidráulico.

3.11 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) menciona distintos tipos de normas oficiales mexicanas, entre las que encontramos las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX). Sólo las normas NOM son de uso obligatorio en su alcance. Las normas NMX expresan una recomendación de parámetros o procedimientos.

A continuación, se presenta una vinculación de las Normas Oficiales directamente aplicables al Proyecto.

Tabla 3. 32. Vinculación con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables-

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
RESIDUOS	
NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	SE CUMPLE Los residuos peligrosos que se generen recibirán el tratamiento que refiere la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento. Asimismo, se contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos, descrito en el Capítulo 6.
NOM-054-SEMARNAT-1993, Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	SE CUMPLE Se tomarán en cuenta esos criterios para evitar la mezcla de residuos en los sitios de almacenamiento temporal.
NOM-061-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de planes de manejo	SE CUMPLE El Programa de Manejo Integral de Residuos planteado, se elaboró con observancia y apego a la referida norma NOM-061-SEMARNAT-2011.
RUIDO	
NOM-076-SEMARNAT-2012, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta.	SE CUMPLE La maquinaria y vehículos de transporte estarán sometidos a un programa constante de mantenimientos preventivos programados, de acuerdo a la utilización de los mismos, lo que permitirá que se encuentren en buenas condiciones, y con esto contar con la máxima disponibilidad y utilidad de este equipo y de igual forma, minimizar al máximo las emisiones.
NOM-077-SEMARNAT-1995, Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible.	SE CUMPLE La maquinaria y vehículos de transporte estarán sometidos a un programa constante de mantenimientos preventivos programados, de acuerdo a la utilización de los mismos, así como de verificaciones vehiculares, lo que permitirá que se encuentren en buenas condiciones, y con esto contar con la máxima disponibilidad y utilidad de este equipo
NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.	SE CUMPLE El Proyecto verificará que los equipos que participen en las labores de preparación del sitio y construcción cumplan con los parámetros establecidos en la Norma en cuestión.
NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido	SE CUMPLE Se le dará mantenimiento a la maquinaria, para

de las fuentes fijas y su método de medición.	que estas estén en buen estado y no emitan ruido que rebasen los límites; estableciendo también mecanismos para verificar que se está dentro del rango de emisión permisible.
NOM-085-SEMARNAT-2011, Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.	SE CUMPLE La operación de la maquinaria respetará los niveles de emisión que señala la NOM-085-SEMARNAT-2011.
SUELO	
NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	SE CUMPLE Durante la operación del Proyecto se pueden suscitar derrames de combustibles debido a fallas o accidentes en maquinarias o recipientes; debido a esto, se consideran estrategias de acción en atención contingencias, así como el almacenamiento temporal y disposición final de los residuos, así como aquellos que se generen en la limpieza del derrame, por empresas acreditadas ante la autoridad correspondiente. Todo lo anterior en apego a lo establecido en los diferentes programas y Subprogramas que se describen en el Capítulo 6.
FLORA Y FAUNA	
NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo.	SE CUMPLE Se realizará un estudio detallado de caracterización del sitio que permita verificar si existen o no especies listadas en esta norma, y las especies que se encuentre, constituirán la base del diseño del Programa de Rescate de Flora y Fauna, por lo que se dará un adecuado manejo de las especies señaladas en la norma, si se llegasen a encontrar en el predio, según lo establecido en los capítulos 4 y 6 de esta MIA. Asimismo, en una tabla posterior se detallará el cumplimiento a esta NOM y las especies enlistadas que se encuentran en el predio del Proyecto.
NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	SE CUMPLE La NOM permite la realización de obras siempre que no impliquen la interrupción o desvío de flujo de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad de humedales costeros; y b. Las obras relativas a las vías generales de comunicación y de infraestructura marina fija se encuentran autorizadas por la NOM-022, siempre que: i. Se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la ACUSTF correspondiente; ii. La vía de comunicación se realice en tramos

	<p>cortos del humedal;</p> <p>iii. Se garantice que la vía de comunicación es trazada sobre pilas que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre;</p> <p>iv. Durante el proceso constructivo se utilicen métodos de construcción en fase (por sobre posición continua de la obra) que no dañen el suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área;</p> <p>v. Se busque en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible; y</p> <p>vi. Se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la ACUSTF correspondiente.</p> <p>El Proyecto cumple con todos los supuestos anteriores, como se describe en la vinculación específica dentro el apartado correspondiente.</p>
SEGURIDAD E HIGIENE LABORAL	
NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad e higiene.	<p>SE CUMPLE</p> <p>Durante el tiempo que duren los trabajos relacionados a la construcción y puesta en marcha del proyecto, se contará con las condiciones adecuadas para prevenir riesgos a los trabajadores.</p>
NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.	<p>SE CUMPLE</p> <p>Durante el desarrollo del proyecto, se tendrá especial cuidado en supervisar las condiciones de seguridad para evitar situaciones de riesgo que puedan ocasionar incendios, además se contará con los extintores de acuerdo al tipo de fuego que pueda ocasionarse.</p>
NOM-017-STPS-2008, Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.	<p>SE CUMPLE</p> <p>El personal que laborara deberá de contar con equipo de protección personal de acuerdo con las actividades que realice en el proyecto, dando cumplimiento a la norma.</p>
NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.	<p>SE CUMPLE</p> <p>Se dispondrá de un sistema de iluminación en las instalaciones, para permitir la operación y el mantenimiento. El diseño de la iluminación incluirá requerimientos para casos de emergencia</p>
NOM-003-SEGOB-2002, Señales y Avisos para Protección Civil. Colores, formas y símbolos a utilizar.	<p>SE CUMPLE</p> <p>Durante la etapa de construcción y operación, los criterios de esta norma se cumplirán, colocando señalización conforme a la misma.</p>

3.11.1 NOM-022-SEMARNAT-2003 Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar

La Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de abril de 2003 (Diario Oficial de la Federación, 2004).

El contenido de esta norma nos indica que, en principio, los humedales costeros se caracterizan por tener funciones hidrológicas, de contigüidad, de regulación climática, de estabilización costera, de producción primaria que hace que la biodiversidad marina y terrestre dependa de ellos; además de que contribuyen a recargar acuíferos subterráneos que almacenan el 97% de aguas dulces no congeladas en el mundo.

El manglar y los suelos de los humedales costeros desempeñan una función importante en la depuración del agua eliminando las altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, así como en algunos casos productos químicos tóxicos. De igual forma, el manglar es el sitio de forrajeo, caza, refugio, anidación, crecimiento y alimentación para muchas especies de fauna de los ecosistemas con los cuales hace conexión, lo que los transforma en corredores biológicos que dan continuidad a los ecosistemas, siendo unidades hidrológicas para el mantenimiento de la biodiversidad.

Esta norma surge en respuesta al reconocimiento del gran valor que tienen los humedales costeros para la sociedad en términos de servicios ambientales, cuyas metas globales de manejo están encaminadas a mantener sus procesos ecológicos, así como la implementación de acciones de protección y restauración de éstos, restaurando en lo posible el tipo de bosque y estructura forestal original y evitando la pérdida de ésta y su dinámica hidrológica. Lo anterior, considerando que la distribución de manglares en México es extensa, distribuyéndose tanto en los litorales del Pacífico y Golfo de California y del lado del Atlántico en el Golfo de México y el Caribe.

Por estos motivos, se consideró necesaria la existencia de un ordenamiento y valoración apropiada de los servicios ambientales que proveen estos ecosistemas, cuyo valor ecológico, económico directo e indirecto, cultural, científico y recreativo debe mantenerse.

Posteriormente, mediante acuerdo de fecha 07 de mayo de 2004 publicado en el Diario Oficial de la Federación, se adicionó la especificación 4.43 a esta norma, la cual contiene

la prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y dispone que los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que el informe preventivo o manifestación de impacto ambiental, según sea el caso, establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente.

Por lo anterior, el Proyecto se pretende desarrollar bajo los siguientes criterios:

- Se establecerán medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtendrá la Autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales correspondiente ;
- La vía de comunicación se realizará en tramos cortos del humedal;
- Se garantizará que la vía de comunicación es trazada sobre pilas que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre;
- Durante el proceso constructivo se utilizarán métodos de construcción en fase (por sobre posición continua de la obra) que no dañen el suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área; y
- Se buscará en la medida de lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible.

La superficie del proyecto en donde se pretenden realizar las obras y actividades del proyecto se ubica colindante con una zona de manglar ubicada a menos de 100 metros.

Esta norma posee gran relevancia en materia ambiental, por lo que resulta sumamente importante, realizar su vinculación con el Proyecto que se somete a evaluación de impacto ambiental. Es importante manifestar que el desarrollo del proyecto no contempla la afectación del humedal existente en el predio, por lo que no se considera la reducción de población de las especies descritas en esta NOM, y, por tanto, no representa la modificación de un ecosistema de manglar. En este sentido, se hace una vinculación con los numerales directamente relacionados con el Proyecto:

Tabla 3. 33. Vinculación con la NOM-022-SEMARNAT-2003.

NOM-022-SEMARNAT-2003	
4.0	<p>El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. Debe garantizarse en todos los casos la integralidad del mismo, para ello se contemplarán los siguientes puntos:</p> <p>La integridad del flujo hidrológico del humedal costero;</p> <p>La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental;</p> <p>Su productividad natural;</p> <p>La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas;</p> <p>Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje;</p> <p>La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales;</p> <p>Cambio de las características ecológicas;</p> <p>Servicios ecológicos; ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros).</p>
	<p>En primer punto, la implementación del Proyecto no considera el aprovechamiento en ecosistemas de manglar ni de los individuos de las especies descritas en esta NOM (<i>Rhizophora mangle</i>, <i>Conocarpus erectus</i>, <i>Avicennia Germinans</i>, <i>Laguncularia racemosa</i>), por lo tanto, se conservará su topografía, edafología y vegetación originales, además de que no afectará la integralidad del flujo hidrológico, ya que el diseño del Proyecto y las medidas descritas en el Capítulo 6 de la presente MIA se ejecutaron con base en los resultados del estudio de hidrogeología.</p> <p>Aunado a lo anterior, el presente Proyecto no incluye la realización de actividades relacionadas con el relleno de la zona de manglar por los motivos recién expuestos.</p> <p>Si bien se contempla la afectación directa de 3498.41 m² en vegetación de manglar, de los cuales 650.87 m², corresponden a obras permanentes por la colocación de las pilas y el terraplén, y 2847.54 m² corresponden al impacto por obras temporales; estos impactos será compensado a través del <i>Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar</i>, el cual tiene como finalidad generar una tasa cero por remoción de individuos de mangle, es decir, que a través de las medidas de este programa, se recupere la cobertura que ocupaban, se mejore la calidad ambiental y se incremente la cobertura de la vegetación de manglar que ha sido identificada en el Anexo 4.10 del capítulo 4, como manglar degradado o manglar muerto en 306.6 ha dentro del SAR del Proyecto. Aunado a lo anterior, se contempla donar a SEMARNAT 305.85 ha, de las cuales 208.44 ha están dentro del Acuerdo de Destino referido en este Capítulo, y 97.41 ha fuera del mismo.</p> <p>Respecto a la integralidad del flujo hidrológico del manglar, del ecosistema y su zona de influencia; se manifiesta que este desarrollo no lo afectará de manera negativa, en cambio, se propone la restauración ecológica del manglar que se ubica dentro del área de estudio, incluyendo medidas para el mejoramiento de la calidad ambiental, el mejoramiento de flujos hídricos superficiales y la reforestación de manglar, entre otras actividades. También cabe señalar que no se afectará la productividad natural del manglar y el humedal costero por las razones recién expuestas.</p> <p>Con el objetivo de no comprometer la capacidad de carga del ecosistema en comento, se consideraron los estudios descritos en los diversos capítulos de la presente MIA-R, en este apartado para el diseño y posterior aplicación las medidas necesarias para no afectar de manera negativa este elemento, en el entendido de que el Proyecto es de naturaleza urbana. Esto se realiza con base en lo establecido en las fracciones XIII y XIV del art. 3 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, así como el numeral 4.43 de esta Norma, mismo que se vinculará más adelante. Las medidas en cuestión, además permitirán asegurar que el Proyecto garantice la no afectación de la integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; así como las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos la duna, la zona marina adyacente y los corales.</p>

<p>Por otra parte, el Proyecto se ubica en un área que, de acuerdo con los ordenamientos territoriales y urbanos aplicables, está destinada para el desarrollo urbano. En este sentido, el Proyecto no realizará acciones diferentes y por lo tanto no generará impactos diferentes para los que se destinó el Uso de Suelo.</p> <p>Con base en lo anterior, es posible afirmar que la implementación del Proyecto no solo no representa una afectación a los elementos descritos en este numeral, sino que, por medio de la implementación del SGAS y sus medidas, así como la conservación de la totalidad de la superficie cubierta por manglar, el proyecto pretende conservar y mejorará los servicios ecológicos y eco fisiológicos de este ecosistema, dando así cumplimiento a lo establecido en este numeral.</p>	
4.1	<p>Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.</p>
<p>Se cumple, de acuerdo con el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar el cual se encuentra en el Capítulo 6 de la presente MIA-R. De esta forma, se asegurará que el desarrollo de este no interrumpa el flujo, ni se produzca el desvío de agua en forma alguna, por lo que no se pone en riesgo la dinámica e integridad ecológica del humedal adyacente al proyecto.</p>	
4.2	<p>Construcción de canales que, en su caso, deberán asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo para asegurar el éxito de la restauración.</p>
<p>Como se señala a lo largo de presente documento, el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar tiene como finalidad generar una tasa cero por remoción de individuos de mangle, es decir, que a través de las medidas de este programa, se recupere la cobertura que ocupaban y se mejore la calidad ambiental no solo del manglar, si no de los humedales asociados.</p>	
4.8	<p>Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, centros pecuarios, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.</p>
<p>Como la promotora ha manifestado en la MIA-R, el Proyecto contempla acciones de Monitoreo de la Calidad del Agua, que contempla los parámetros físico-químicos, que vigilarán la evolución del mejoramiento de la calidad del humedal y el cuerpo de agua. Además, el proyecto no prevé el vertimiento de contaminantes al sistema del humedal. Por el contrario, el Proyecto fomentará la participación colectiva de todos los usuarios directos e indirectos del SLN, con la finalidad de mejorar la calidad ambiental considerando los resultados de los estudios de línea base y lo reportado en la literatura disponible para el sitio de estudio.</p>	
4.11	<p>Se debe evitar la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales, en aquellos casos en donde existan evidencias de que algunas especies estén provocando un daño inminente a los humedales costeros en zona de manglar, la Secretaría evaluará el daño ambiental y dictará las medidas de control correspondientes</p>
<p>El Proyecto no contempla la introducción de especies o poblaciones de flora o fauna que puedan afectar el humedal por lo que se da cumplimiento a este criterio. Por el contrario, se promoverá la captura y reubicación de la fauna feral que se observe en la ZII del Proyecto, y se buscará una coordinación con el municipio para la ejecución de las acciones correspondientes.</p>	
4.12	<p>Se deberá considerar en los estudios de impacto ambiental, así como en los ordenamientos ecológicos, el balance entre el aporte hídrico proveniente de la cuenca continental y el de las mareas, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan.</p>
<p>Para el caso de la MIA que ocupa este documento, se consideraron diversos estudios de caracterización para la realización del presente Proyecto.</p>	
4.13	<p>En caso de que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que la vía de comunicación es trazada</p>

	sobre pilotes que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre. Durante el proceso constructivo se utilizarán métodos de construcción en fase (por sobre posición continua de la obra) que no dañen el suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área.
El Proyecto es referente a la construcción de un puente vehicular en la ciudad de Cancún, Quintana Roo. Como se describe en el Capítulo 2, el puente será instalado sobre pilas con el objetivo de que continúe el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema.	
4.14	La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garanticen su estabilidad.
El Proyecto es referente a la construcción de un puente vehicular en la ciudad de Cancún, Quintana Roo. Como se describe en el Capítulo 2, el puente será instalado sobre pilas con el objetivo de que continúe el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema. Asimismo, con referencia a la franja de protección de 100m, se manifiesta que se atenderá a la excepción descrita en el numeral 4.43 de la presente Norma, proponiendo medidas en beneficio del humedal, las cuales se describen en el Anexo 6.1 del Capítulo 6, mediante el cual, se pretende la mejora ambiental de 306.6 ha dentro del SAR.	
4.15	Cualquier servicio que utilice postes, ductos, torres y líneas, deberá ser dispuesto sobre el derecho de vía. En caso de no existir alguna vía de comunicación se deberá buscar en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible.
Como se describe de manera integral en la presente MIA-R, a través del diseño, proceso constructivo y las medidas descritas en el SGAS, se prevé el menor impacto posible al manglar. En este sentido, el resultado neto de afectación a cobertura de vegetación de manglar es positivo una vez ejecutado el proyecto, si se toma en cuenta que a partir de la obra se cuantifica la afectación directa de 3498.41 m ² en vegetación de manglar, de los cuales 650.87 m ² corresponden a obras permanentes por la colocación de las pilas y el terraplén, y 2847.54 m ² corresponden al impacto por obras temporales (a nivel de individuos); que representan el 1% del total manglares que se ubican directamente en el trazo del proyecto y menos del 1% a nivel SAR, mientras que, a través del Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar se realizarán actividades en beneficio de al menos 306 ha de superficie de manglar dentro del SAR.	
4.16	Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberán dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo.
El Proyecto contempla la construcción de obras dentro del buffer de 100 metros del manglar, por lo que se aplicará la excepción establecida en la <i>especificación 4.43 a la norma oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar</i> , proponiendo las medidas de compensación y mitigación necesarias. Estas medidas se describirán en la vinculación con dicho numeral, así como en el Capítulo 6 de esta MIA-R, el cual contempla el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar.	
Como resultado de lo anterior, se considera que no se afectará ningún componente de vegetación de manglar ni de su flujo hidrológico, dando cumplimiento a este numeral y al <i>ratio legis</i> de esta norma.	
4.18	Queda prohibido el relleno, desmante, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación, que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos forestales y especificada en el informe preventivo o, en su caso, el estudio de impacto ambiental.
El proyecto cumple con lo indicado en este criterio, toda vez que no contemplan realizar rellenos, desmontes, quema ni desecación de vegetación para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos.	

4.35	Se dará preferencia a las obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.
El Proyecto contempla dentro de su Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad del Puente Vehicular Nichupté a través del Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar, el mejoramiento y rehabilitación ecológica del manglar a través de la reforestación, entre otras actividades, las cuales serán determinadas de manera particular de acuerdo con el sitio y condición del manglar, una vez que el Proyecto resulte autorizado, con lo que, se procederá a elaborar el Proyecto ejecutivo y los estudios particulares que sean necesarios.	
4.39	La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies nativas dominantes en el área a ser restaurada, tomando en cuenta la estructura y composición de la comunidad vegetal local, los suelos, hidrología y las condiciones del ecosistema donde se encuentre.
El Proyecto contempla dentro de su Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad, un programa en beneficio del humedal existente en el área de estudio, contemplando la restauración ecológica del manglar, así como medidas que incluyen la limpieza y la reforestación, entre otras actividades. Como parte del Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal se estimó la cantidad de 920 individuos a ser rescatados, 849 corresponden con individuos de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, el resto corresponde con otras especies relevantes en la zona.	
4.40	Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros.
El Proyecto no contempla la introducción de especies exóticas.	
4.41	La mayoría de los humedales costeros restaurados y creados requerirán de por lo menos de tres a cinco años de monitoreo, con la finalidad de asegurar que el humedal costero alcance la madurez y el desempeño óptimo.
Se realizará el monitoreo correspondiente conforme a lo establecido en este numeral.	
4.42	Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros.
El promovente del Proyecto realizó una serie de estudios específicos descritos en el Capítulo 4.	
4.43	La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente.
<p>Como se indicó en el numeral 4.16, la infraestructura del Proyecto se encuentra a una distancia menor a 100 m de vegetación de manglar. En este tenor, la promovente exceptuará lo establecido en el numeral 4.16 y por consiguiente implementará un Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar, el cual contempla las medidas de prevención, mitigación y compensación en beneficio de los humedales, las cuales consisten en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lograr una tasa cero de pérdida de cobertura de manglar, al restituir los individuos afectados en una sección dentro del SAR del Proyecto. • Diseñar las estrategias de rehabilitación (microcanales, colecta de germoplasma, conformación topográfica, reforestación, entre otros) adecuadas a la zona, de acuerdo con los estudios específicos. • Mejorar la estructura del manglar y humedales asociados, al mejorar los patrones hidrológicos en zonas afectadas dentro del SAR. • Disponer de los residuos sólidos y material producto de las excavaciones en zonas fuera del manglar. 	

Bajo tal tesitura, a través del establecimiento de estas medidas, así como de la rehabilitación hidroecológica del humedal, se cumple con el requerimiento de medidas de compensación en beneficio de los humedales. Es importante considerar que en los “CONSIDERANDOS” del *ACUERDO que adiciona la especificación 4.43 a la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar*, se señala que la compensación permitirá aumentar la superficie de manglar en beneficio de los recursos naturales y las personas por los servicios ambientales que dichos ecosistemas proveen.

En este sentido, como se describe en el Capítulo 2 de la presente MIA-R, si bien se prevé la afectación de 3498.41 m² de vegetación de manglar, de los cuales 650.87 m² corresponden a obras permanentes por la colocación de las pilas y el terraplén, y 2847.54 m² corresponden al impacto por obras temporales; a través del SGAS se contempla realizar una serie de medidas y acciones encaminadas al mejoramiento, restauración, conservación y protección de los manglares en una superficie de más de 306 ha dentro del Sistema Ambiental Regional, esto sin mencionar las medidas que se realizarán fuera del SAR, de conformidad a lo descrito en el Capítulo 6. Estas áreas corresponden a zonas de humedales y manglares que se observan deterioradas de acuerdo a los resultados del análisis retrospectivo realizado de forma particular para el proyecto (Capítulo 4 y sus anexos) y que se ubican entre el eje del proyecto.

En adición a lo anterior, se propone la donación de una superficie de 305.85 ha a la SEMARNAT, de las cuales 208.44 ha están dentro del Acuerdo de Destino descrito en este Capítulo y 97.41 ha fuera del mismo.

De este modo el resultado neto de afectación a cobertura de vegetación de manglar es positivo una vez ejecutado el proyecto, si se toma en cuenta que a partir de la obra se afectarán de forma permanente únicamente 650.87 m² de superficie de manglares (a nivel de individuos) que representan el 1% del total manglares que se ubican directamente en el trazo del proyecto y menos del 1% a nivel SAR, mientras que, a través del Programa en comento del SGAS, se realizarán actividades en beneficio de al menos 306 ha de superficie de manglar.

De esta forma, se da cumplimiento a lo establecido en esta Norma Oficial Mexicana.

3.11.2 NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo

Esta norma tiene por objeto el identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción (Diario Oficial de la Federación, 2019).

Las disposiciones de esta norma son de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo que se establecen en el documento.

Como se indica en esta MIA, dentro del Sistema Ambiental del Proyecto se ubican diversas especies de flora y fauna. Para dar cumplimiento a esta Norma Oficial Mexicana, la promovente realizó un estudio detallado de caracterización de la zona, en la que encontraron las especies listadas y se encuentran enlistadas en los capítulos correspondientes de la presente MIA-R.

Tabla 3. 34. Listado de especies identificadas en el área de estudio incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

NOM-059-SEMARNAT-2010				
Nombre común	Nombre científico	Protección especial	Amenazada	Riesgo
Hierba de tortuga	<i>Thalassia testudinum</i>	X		
Pasto del manatí	<i>Syringodium filiforme</i>			X
Palma chit	<i>Thrinax radiata</i>		X	
Palma Nakas	<i>Coccothrinax readii</i>		X	
Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>		X	
Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>		X	
Mangle negro	<i>Avicennia germinans</i>		X	
Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>		X	
Tortuga pecho quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	X		
Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>		X	
Cocodrilo de pantano	<i>Crocodylus moreletii</i>	X		
Cocodrilo de río	<i>Crocodylus acutus</i>	X		

Por lo tanto, y en congruencia con lo dispuesto en esta norma, el proyecto contempla la implementación de los PROGRAMAS DEL SGAS, durante todas las etapas del proyecto, a través de los cuales se ejecutarán medidas de rescate y protección para las especies sujetas a esta NOM, así como la realización inventarios y monitoreos sobre bases científicas, para su debido control y manejo. Estos programas y Subprogramas se pueden revisar a detalle en el Capítulo 6 de esta MIA.

Asimismo, se presenta la vinculación y cumplimiento tanto con el artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre, como con la NOM-022-SEMARNAT-2003; prestando especial atención en la protección e incluso mejoramiento del manglar y su flujo hidrológico durante todas las etapas del Proyecto, por consecuencia, dando cumplimiento a lo establecido en la presente NOM.

3.12 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

El Artículo 3 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente define a las Áreas Naturales Protegidas como zonas del territorio nacional y sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas.

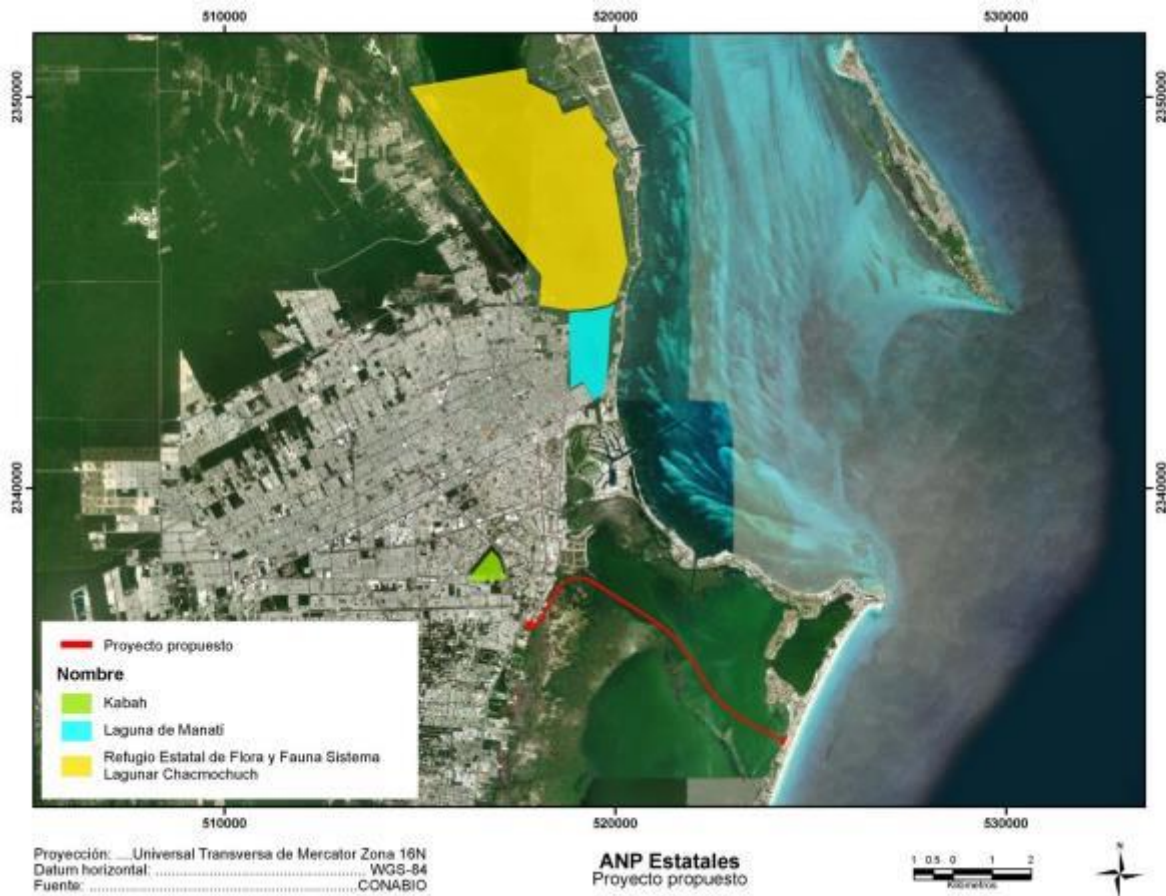
Asimismo, el artículo 44 de la misma Ley establece límites adicionales para aquellas personas que, siendo titulares de derechos de dominio o posesión sobre predios al interior de dichas áreas naturales, pretendan desarrollar obras u actividades de la misma naturaleza. Estas restricciones implican para el desarrollador sujetarse a las normas y preceptos que establezcan los Decretos a través de los que se constituyan las Áreas Naturales respectivas, así como a las disposiciones contenidas en los programas de manejo correspondientes.

Por su ubicación geográfica, el proyecto no se encuentra ubicado dentro del polígono de ningún Área Natural Protegida federal, estatal o municipal; ni tiene contemplado realizar ningún tipo de obra o actividad dentro de las zonas protegidas cercanas al predio.

Figura 3. 16. Predio del proyecto y su colindancia con las ANP Federales.



Figura 3. 17. Predio del proyecto y su colindancia con las ANP Estatales.



Sin perjuicio de lo anterior, el Proyecto pretende ubicarse en la zona de influencia del Área Natural Protegida Manglares de Nichupté, de conformidad con el Decreto por el que se declara área natural protegida, con la categoría de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Manglares de Nichupté, localizada en el Municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo (el “Decreto Nichupté”).

Figura 3. 18. Acercamiento de la ubicación del Proyecto con el ANP en la porción de la Zona Urbana.

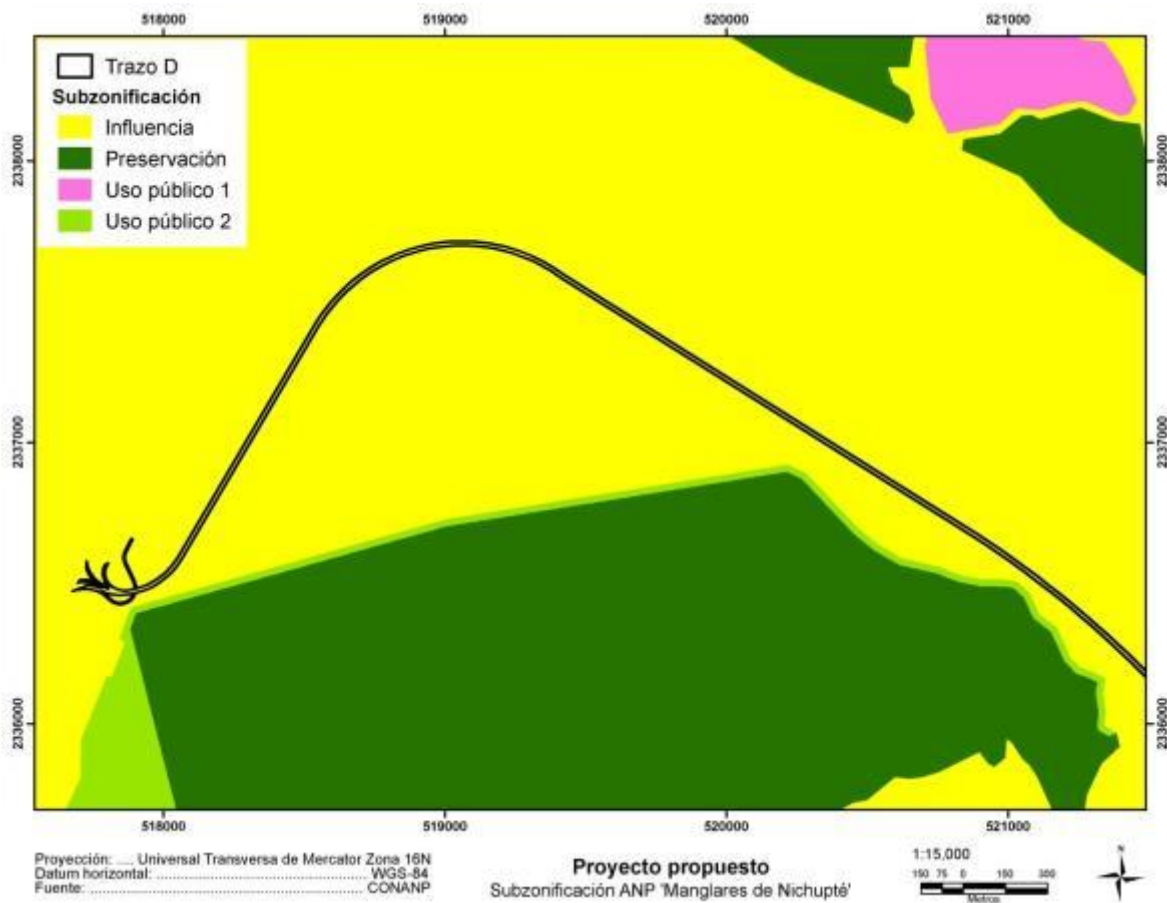
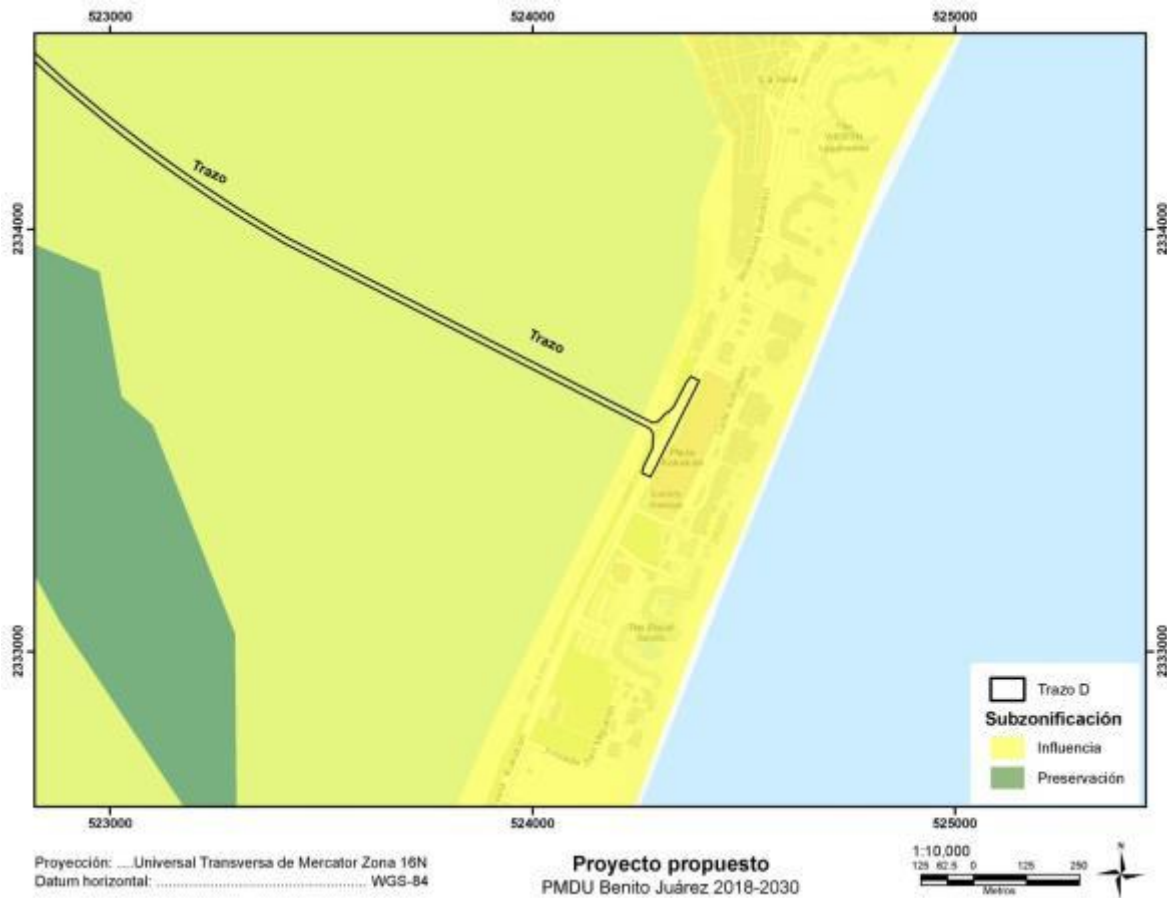


Figura 3. 19. Acercamiento de la ubicación del Proyecto con el ANP en la porción de Zona Hotelera.



De conformidad con lo establecido en el Decreto Nichupté, no se desprende prohibición alguna para realizar obras y actividades relacionadas con vías generales de comunicación en su zona de influencia.

Conforme al Decreto Nichupté, su zona de influencia abarca una superficie de casi 33,500 hectáreas e incluye hacia el norte las lagunas costeras Manatí y Chacmucuc y una franja marina; hacia el oeste el núcleo poblacional que conforma la ciudad de Cancún y la zona ejidal denominada Alfredo V. Bonfil; hacia el sur los humedales del Municipio de Benito Juárez, un complejo turístico de propiedad privada, excepto el polígono desincorporado del área natural protegida por juicio de amparo número 536/2008, y hacia el este el sistema lagunar y la zona hotelera de Cancún.

De la descripción anterior se desprende que, si bien dicha Zona guarda una relación ecológica directa con el Área Natural Protegida (“ANP”), está conformada por toda la mancha urbana de Cancún, zonas ejidales, complejos turísticos e infraestructura urbana previa y posterior a su creación. Conforme al Programa de Manejo del ANP, dichas obras

y actividades tienen un impacto ambiental en la misma (consistente principalmente en la disposición de residuos sólidos urbanos y el ruido).

Con base en dichas afectaciones, la Regla 38 del Programa de Manejo de la ANP prohíbe dentro del ANP (mas no en su Zona de Influencia): (i) la remoción, relleno, trasplante, poda o cualquier otra actividad que afecte la integralidad del flujo ecológico del manglar, del ecosistema y su zona de influencia (del manglar, no de la ANP); (ii) realizar cambios de uso de suelo en terrenos forestales; y (iii) construir vías de comunicación en general, con excepción de los caminos, brechas o senderos necesarios para la operación, investigación y vigilancia del ANP, siempre que estén justificados y autorizados.

No obstante lo anterior, se reitera que dichas prohibiciones únicamente aplican dentro del polígono del ANP Nichupté y no así en su Zona de Influencia, respecto de la cual no existen prohibiciones derivadas de su carácter de Zona de Influencia. Con base en lo anterior, se deberá considerar el Proyecto como ambientalmente viable, al estar ubicado fuera del ANP Nichupté.

3.13 REGIONES PRIORITARIAS

De acuerdo a lo señalado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el proyecto de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) se circunscribe en el Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de este organismo, el cual se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad en diferentes ámbitos ecológicos. Al respecto, la CONABIO ha identificado Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP, ámbitos acuáticos continentales) y Regiones Marinas Prioritarias (RMP, ámbitos costeros y oceánicos).

Las RTP corresponden a unidades físico-temporales estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destacan por la presencia de una riqueza ecosistémica y específica y una presencia de especies endémicas comparativamente mayor que en el resto del país, así como por una integridad biológica significativa y una oportunidad real de conservación. Esto último implicó necesariamente considerar las tendencias de apropiación del espacio por parte de las actividades productivas de la sociedad a través del análisis del uso del suelo.

Por su ubicación, el proyecto se encuentra aledaño a algunas regiones prioritarias, tal y como se puede observar en las figuras que se insertan más adelante, no obstante, es necesario indicar que el desarrollo del mismo no perjudicará las condiciones de estas zonas, además de que no existen instrumentos normativos que restrinjan actividades en las diversas regiones prioritarias indicadas por la CONABIO, por lo que no existe impedimento legal para realizar proyectos. No obstante, la designación de un sitio como una región prioritaria debe considerarse como un compromiso intrínseco de conservación, de tal forma que cualquier desarrollo en estas áreas deberá contemplar medidas adicionales que reduzcan el impacto directo o indirecto a la biodiversidad.

3.13.1 Regiones Terrestres Prioritarias

Las Regiones Terrestres Prioritarias, destacan por la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

Como se aprecia en la siguiente Figura, el Proyecto no se encuentra dentro de ninguna Región Terrestre Prioritaria.

Figura 3. 20. Ubicación con relación a las RTP más cercanas.

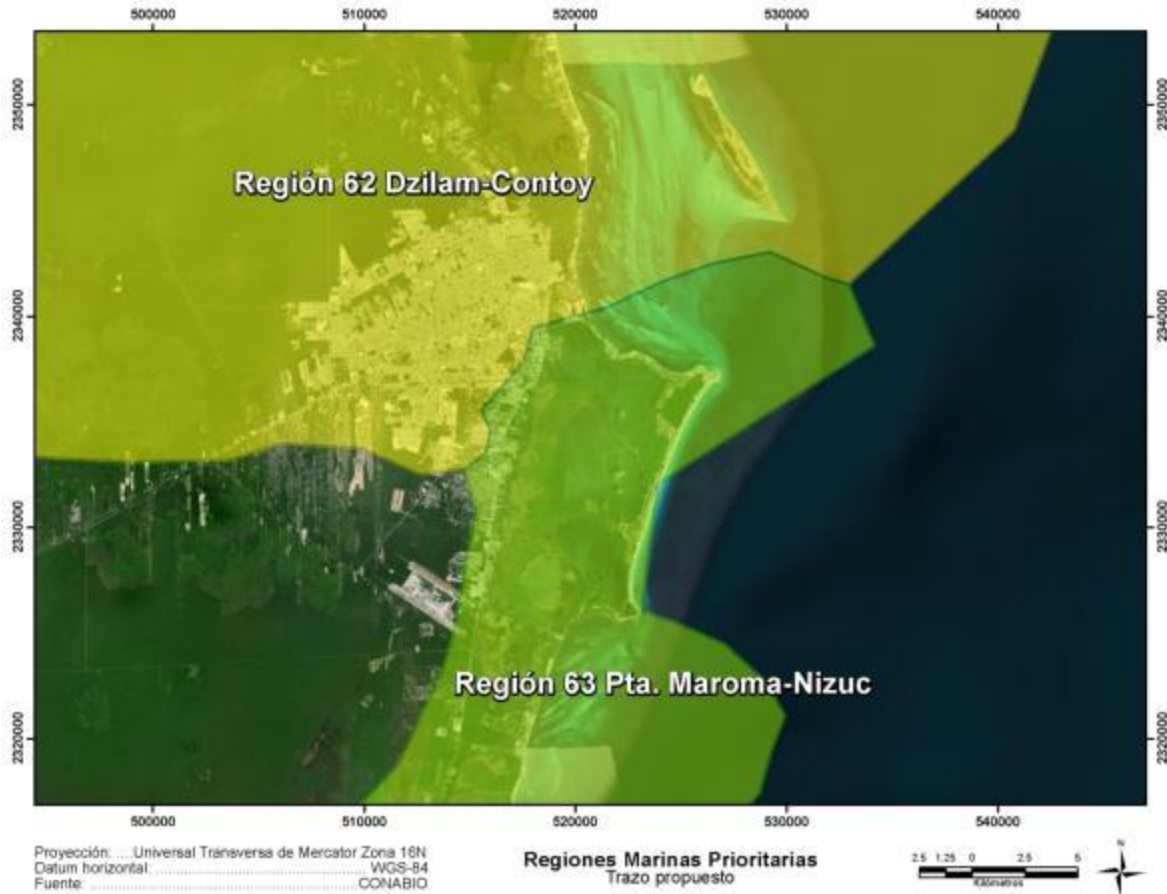


3.13.2 Regiones Marinas Prioritarias

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) instrumentó el Programa de Regiones Marinas Prioritarias de México (RMP), en el cual se llevó a cabo una clasificación de las 70 áreas prioritarias, considerando criterios ambientales (e.g., integridad ecológica, endemismo, riqueza, procesos oceánicos, etc.), económicos (e.g., especies de importancia comercial, zonas pesqueras y turísticas importantes, recursos estratégicos, etc.) y de amenazas (contaminación, modificación del entorno, efectos a distancia, especies introducidas, etc.).

El predio se ubica dentro de la RPM 62 Dzilam – Contoy. Se deben orientar estrategias para la conservación de ecosistemas costeros.

Figura 3. 21. Ubicación con relación a las RMP más cercanas.



Con lo anterior en consideración, se vinculan las problemáticas de esta RMP con el Proyecto.

Tabla 3. 35. Vinculación con las problemáticas respectivas.

PROBLEMÁTICA	PROYECTO
<p>Modificación del entorno: Tala de manglar, relleno de áreas inundables (pérdida de permeabilidad de la barra), remoción de pastos marinos, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras, mercantes y turísticas. Existe deforestación (menor retención de agua) e impactos humanos (Cancún y otros desarrollos turísticos). Blanqueamiento de corales.</p>	<p>Para evitar contribuir al desarrollo de estas problemáticas, si bien el Proyecto contempla la afectación de 3498.41 m² de vegetación de manglar, de los cuales 650.87 m² corresponden a obras permanentes por la colocación de las pilas y el terraplén, y 2847.54 m² corresponden al impacto por obras temporales; es importante considerar que también se contempla realizar una serie de medidas y acciones encaminadas al mejoramiento, restauración, conservación y protección de los manglares en una superficie de más de 306 ha dentro del Sistema Ambiental Regional; lo que conlleva a tener un impacto negativo nulo sobre este ecosistema.</p> <p>Por su parte, no se removerán pastos marinos, construirá sobre bocas, ni se modificarán las barreras naturales.</p>

	No se rellenarán las áreas inundables ni se prevén embarcaciones pesqueras ni turísticas en el Proyecto.
Contaminación: Por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad.	El SGAS establece distintas medidas de mitigación y compensación para hacer frente a esta problemática. Además, no se realizarán descargas al acuífero ni el subsuelo.
Uso de recursos: Presión sobre peces (boquinete) y langostas. Pesca ilegal en la laguna Chakmochuk; campamentos irregulares en el área continental del Municipio de Isla Mujeres.	No se realizarán actividades de pesca en el Proyecto. Asimismo, no se prevé el aprovechamiento de ninguna especie enlistada en esta problemática.
Especies introducidas: <i>Cassuarina</i> spp y <i>Columbrina</i> spp.	No se introducirán ninguna de estas especies.

De esta forma, se es compatible con lo establecido para esta RMP.

3.13.3 Regiones Hidrológicas Prioritarias

La CONABIO formuló el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido.

El predio se ubica dentro de la RHP 105 Corredor Cancún - Tulum. Se deben contemplar acciones para coadyuvar a la restaurar de la vegetación, a frenar la contaminación de acuíferos y a dar tratamiento a las aguas residuales.

Figura 3. 22. Ubicación de las RHP más cercanas.



Las Problemáticas identificadas en esta Región son las siguientes:

1. **Modificación del entorno:** Perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, deforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.
2. **Contaminación:** Aguas residuales y desechos sólidos.
3. **Uso de recursos:** Pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco *Cocos nucifera tasiste*.

Al respecto, la promovente manifiesta lo siguiente:

1. Si bien el Proyecto contempla la afectación de aproximadamente 3498.41 m² de vegetación de manglar, de los cuales 650.87 m² corresponden a obras permanentes por la colocación de las pilas y el terraplén, y 2847.54 m² corresponden al impacto por obras temporales; es importante señalar que también

se considera realizar una serie de medidas y acciones encaminadas al mejoramiento, restauración, conservación y protección de los manglares en una superficie de más de 306 ha dentro del Sistema Ambiental Regional, con el objeto de mitigar y compensar los impactos por dichas acciones. Asimismo, se llevarán a cabo acciones de mitigación que contribuyan a disminuir las afectaciones al SAR, así como a la RHP, tales como un programa de rescate de las especies prioritarias y de las catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 identificadas en las áreas del proyecto.

2. En relación al proyecto en comento se prevé el cumplimiento cabal de las normas oficiales mexicanas en materia de agua y desechos sólidos.

Respecto a los residuos sólidos, el Proyecto considera un Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual establece las acciones que se deberán seguir para el correcto almacenamiento, manejo y disposición final de los residuos sólidos urbanos que se generen.

De este modo se aclara que el Proyecto no contribuirá a la contaminación en la RHP debido a que realizará un adecuado manejo de sus aguas residuales generadas y de sus residuos sólidos.

3. Se cumple, ya que el Proyecto, bajo ningún motivo realizará actividades de pesca ni considera la plantación de coco (*Cocos nucifera* tasiste).

Con base en lo anterior, se destaca que el Proyecto no aumentará los problemas existentes en dichas esta Región, ya que considera la aplicación de medidas de mitigación que y prevención para mantener las condiciones ambientales que prevalecen en la zona.

3.13.4 Áreas Prioritarias para la Conservación de las Aves (AICAS)

El programa de las AICA'S surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves.

Cada área o AICA contiene una descripción técnica que incluye descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico que incluye las especies registradas en la zona, su

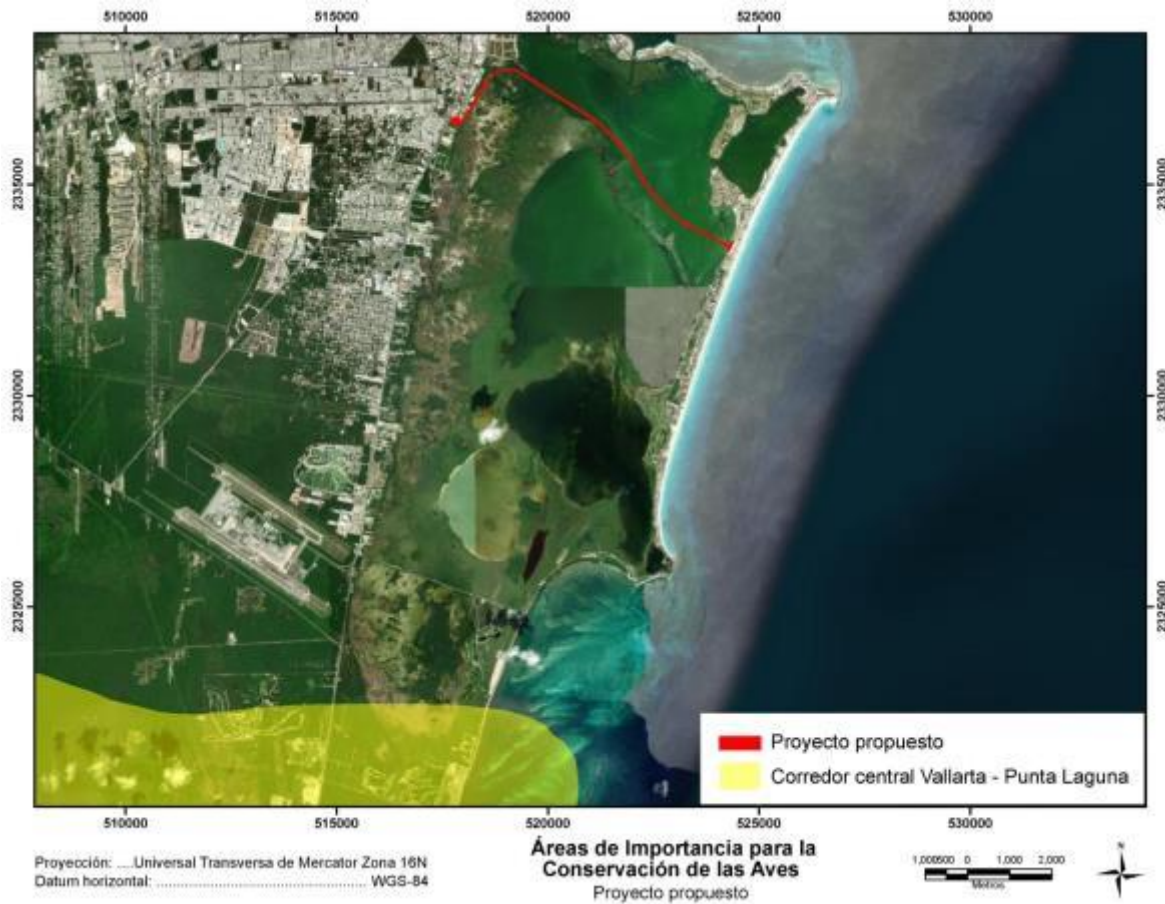
abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área. El listado completo incluye un total 230 áreas, que incluyen más de 26,000 registros de 1,038 especies de aves (96.3% del total de especies para México según el American Ornithologist's Union). Adicionalmente, se incluye en al menos un área, al 90.2% de las especies listadas como amenazadas por la ley Mexicana (306 de 339 especies) y al 100 % de las especies incluidas en el libro de Collar et al. (1994, Birds to Watch 2). De las 95 especies endémicas de México (Arizmendi y Ornelas en prep.) todas están registradas en al menos un área.

Entre los propósitos de este programa se destacan los siguientes:

- Ser una herramienta para los sectores de toma de decisiones que ayuden a normar criterios de priorización y de asignación de recursos para la conservación.
- Ser una herramienta de difusión que sea utilizada como una guía para fomentar el turismo ecológico tanto a nivel nacional como internacional.
- Ser un documento de renovación periódica que permita fomentar la cooperación entre los ornitólogos y los aficionados a las aves, para lograr que este documento funja siempre como una fuente actualizada de información.

Como se demuestra a continuación, el Proyecto no incide en ningún AICA, por lo que se omite su vinculación.

Figura 3. 23. Ubicación del Proyecto con relación al AICA más cercana.



3.14 SITIOS PRIORITARIOS

A continuación, se presentan tres tipos de Sitios Prioritarios reconocidos por la CONABIO.

3.14.1 Sitios Prioritarios Terrestres (SPT)

Estos sitios permiten definir a los sitios prioritarios en la República Mexicana para la conservación de su biodiversidad terrestre.

La delimitación de estos constituye un avance con respecto a las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), debido principalmente a que en este ejercicio se hizo una delimitación más detallada y de mayor resolución de los sitios terrestres en comparación con las RTP que son áreas generalizadas.

El proyecto no se ubica dentro de ningún Sitio Prioritario, sin embargo, se establecerán medidas de conservación para el desarrollo de la biodiversidad dentro del proyecto, mismas que se encuentran descritas en el Capítulo 6 de esta MIA-R.

Figura 3. 24. Ubicación del predio respecto a los SPT

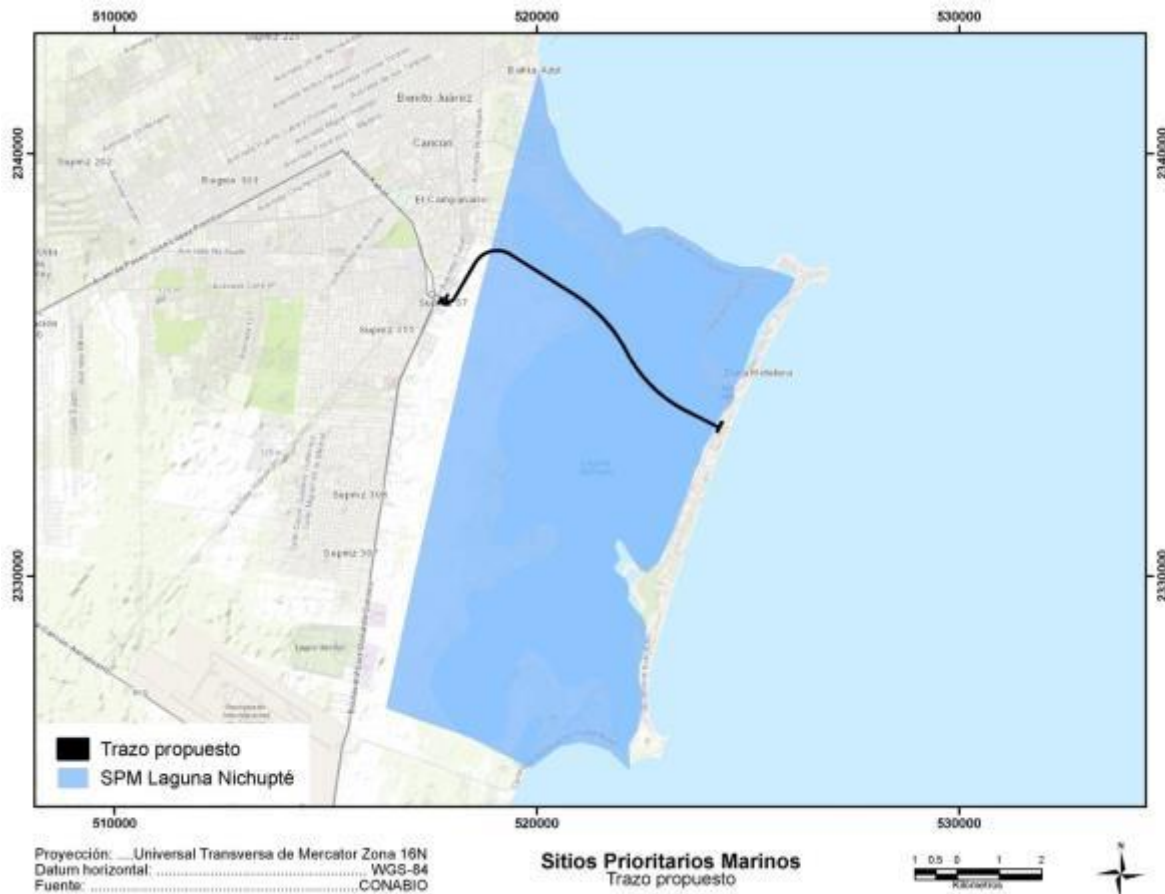


3.14.2 Sitios Prioritarios Marinos

Estas son áreas designadas por contener ecosistemas de importancia crítica, ya que en ellos habitan una gran cantidad de especies tanto endémicas como de distribución amplia y al mismo tiempo son sitios importantes de reproducción, anidación, descanso y alimentación de la fauna marina y aves migratorias.

La delimitación de estos Sitios constituye un avance con respecto a las Regiones Marinas Prioritarias (RMP), debido principalmente a que se realizó una delimitación más detallada y de mayor resolución de los sitios costeros y oceánicos en comparación con las RMP que son áreas generalizadas.

Figura 3. 25. Ubicación el Proyecto con relación a los SPM más cercanos.



El predio se ubica dentro del área del SMP Laguna Nichupté. Para este sitio, las principales amenazas son referentes a al crecimiento urbano, descargas urbanas, eutroficación. Al respecto, es importante señalar que el Proyecto no representa un incremento a asentamientos humanos, no contempla un aumento a las descargas urbanas y por su naturaleza no prevé el enriquecimiento excesivo en nutrientes del sistema lagunar.

Asimismo, se señala que la única amenaza real para la ficodiversidad caribeña es la destrucción de hábitats. En tal virtud, a través de la planeación y diseño del Proyecto, así como las medidas propuestas en el Capítulo 6; no se considera bajo ninguna óptica que existirá una destrucción de hábitats.

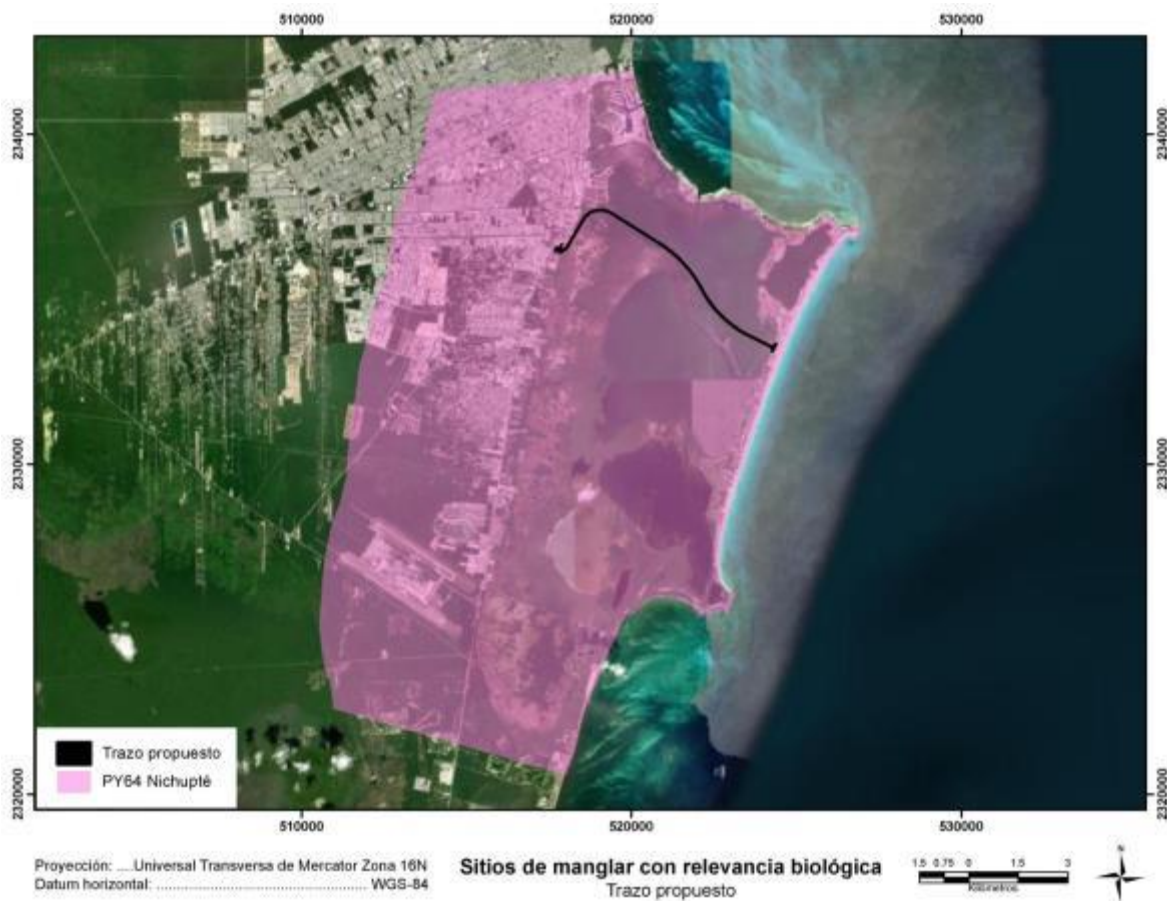
3.14.3 Sitios Prioritarios de Manglar

En 2005 la CONABIO inició diversas acciones para conocer con mayor precisión la distribución de los manglares en México, usando datos de sensores remotos como línea base para conformar el componente espacial del sistema de monitoreo de este

ecosistema. Entre el año 2008 y 2013 se dio seguimiento a la propuesta del proyecto de manglares con el objetivo general de desarrollar un programa de monitoreo sistematizado de los manglares de México a largo plazo, a través de indicadores ambientales, para determinar las condiciones de la vegetación y los principales agentes de transformación de estos ecosistemas en el país, mediante técnicas de percepción remota y trabajo in situ, como insumo para identificar oportunamente sitios de conservación, manejo o rehabilitación de este hábitat.

El proyecto se ubica dentro del polígono de aplicación del SPMN PY64 “Nichupté”. Con lo anterior en consideración, se tomarán las medidas necesarias para el desarrollo sustentable del proyecto.

Figura 3. 26. Ubicación del Proyecto con relación a los SPM.



Las amenazas presentadas para este Sitio son las siguientes:

Tabla 3. 36. Vinculación del Proyecto con las amenazas de los Sitios Prioritarios de Manglar.

AMENAZA	PROYECTO
Desarrollo de proyectos turísticos que	El presente proyecto no representa un

incrementarían la densidad de turistas y de áreas comunes para dicha actividad.	incremento de la densidad de turistas, ya que éste es referente a la construcción de infraestructura de comunicaciones.
La carga turística rebasa la capacidad actual de vigilancia efectiva.	El presente proyecto no representa un incremento de la carga turística.
Demanda constante de nuevas autorizaciones para realizar actividades náutico-recreativas.	El Proyecto no contempla actividades náutico-recreativas.
Infiltración de agua contaminada a ecosistemas marinos y de humedales.	El Proyecto retoma las medidas relativas al recurso hídrico establecidas en el SGAS del descrito en el Capítulo 6 de la presente MIA-R, incluyendo las siguientes acciones: -Monitoreo contante de la calidad del agua -Aplicar las medidas de mitigación ante cambios no previstos en la calidad del agua que pongan en riesgo el equilibrio del ecosistema acuático.
Desarrollo de nuevos proyectos urbanos	La presente MIA no solicita un nuevo proyecto urbano.
Ausencia de manejo costero integrado	En el Capítulo 6 de la presente MIA, se proponen medidas específicas con el objetivo de tener un adecuado manejo del ecosistema presente en el área de estudio.
Como amenazas naturales en el área se encuentra que el sitio se ubica dentro de la franja con mayor incidencia de las trayectorias de huracanes, lo que lo hace altamente vulnerable a los mismos	Si bien la presencia de eventos meteorológicos extremos en los últimos años ha ocasionado daños a la infraestructura hotelera, se prevé la instalación de infraestructura que resista este tipo de eventos.

3.15 CONCLUSIÓN

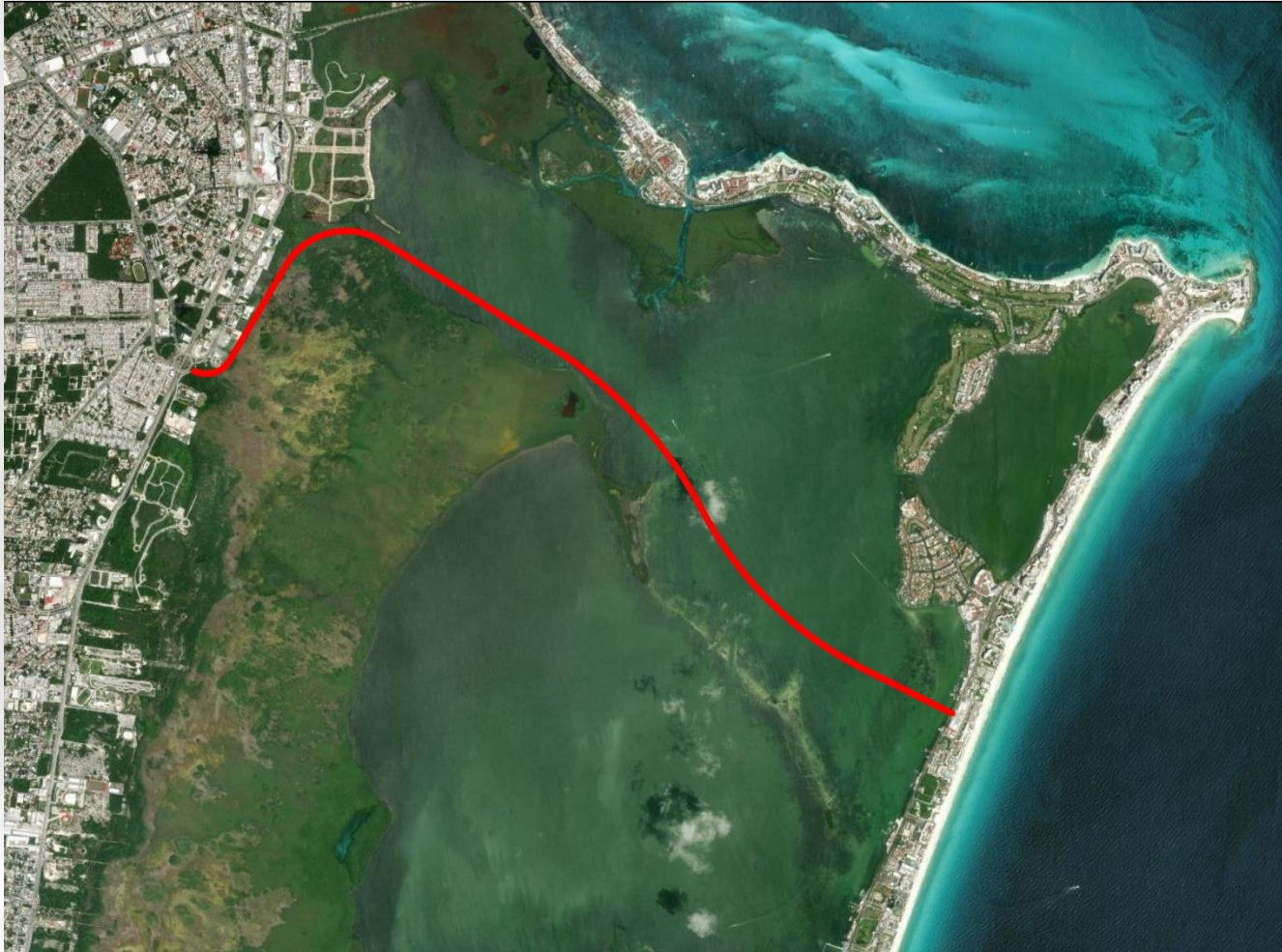
Como se demuestra en el presente Capítulo de esta MIA, el Proyecto es compatible con el sistema ambiental establecido en los diversos ordenamientos jurídicos y demás normas ambientales, así como que no se generará daño grave al ecosistema, ya que el sitio del proyecto y los usos urbanos se encuentran destinados para dicho objeto.

Por otro lado, con la finalidad de prevenir impactos ambientales de cualquier índole se dará una capacitación al personal a cargo de la construcción del proyecto, consistente en temas de educación ambiental relacionados con la protección de la flora y fauna, conservación de humedales, así como el manejo adecuado de los residuos en sus diferentes modalidades; para así, dar cabal cumplimiento a las disposiciones jurídicas pertinentes.



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

En cumplimiento con las disposiciones de los Artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), y el Artículo 12 de su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental (REIA), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en adelante La Promovente, somete a esta H. Autoridad esta MIA-R para su evaluación y autorización del proyecto Puente Vehicular Nichupté, en adelante denominado El Proyecto, en materia de impacto ambiental.

4.1 INTRODUCCIÓN

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental (REIA) señala en su Artículo 12 fracción IV que en la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad regional se deberá describir el Sistema Ambiental Regional y señalar la problemática del área de influencia del proyecto. Un Sistema Ambiental Regional (SAR) puede definirse como el espacio que potencialmente puede ser afectado de manera directa o indirecta por los componentes y acciones/actividades de un proyecto, programa o actividad de desarrollo (Juárez et al, 2006; (GPPA, 2020). Para su análisis, el SAR debe ser visualizado bajo el enfoque de sistemas complejos, en el cual el medio ambiente, en su relación sociedad-naturaleza, está integrado por una serie de elementos conectados mediante procesos. Ambos determinan una estructura y están circunscritos a un límite espacio-temporal. Este enfoque permite el análisis integral y dinámico más cercano al conocimiento de su estructura y función (INE, 2000; Juárez et al, 2006). Como se detalla en este capítulo y tomando como referencia: a) la definición del concepto SAR conforme a la LGEEPA y b) el enfoque de ecosistemas para el manejo integral de ecosistemas costeros, se ha definido y delimitado el SAR de El Proyecto para los fines de la presente MIA-R. Este SAR, está conformado por la laguna Nichupté (SLN), los humedales asociados, los remanentes de selva y la barrera arenosa que hoy sostiene todo el desarrollo de la Zona Hotelera (ZH). La implementación de un proyecto o actividad de desarrollo genera una Zona de Influencia Ambiental conformada por dos de zonas de influencia, la directa y la indirecta y en este caso, por la presencia de una superficie fuera de estas, que corresponde con un patio de maniobras y prefabricados (obra con infraestructura actual, que carece de vegetación forestal y para los fines de este

Proyecto, su uso será de carácter temporal). Se entiende por Zona de Influencia Directa (ZID), aquella superficie en la que un proyecto genera impactos ambientales directos (p. ej. áreas de desplante y construcción de infraestructura permanente, áreas donde se vierten residuos sólidos y líquidos, áreas donde se presentan contingencias ambientales, entre otras) (Juárez et al, 2006; (GPPA, 2020). La Zona de Influencia Indirecta (ZII), se entiende como la superficie que no es transformada por desplante o afectación directa del proyecto, pero que es el resultado de los efectos indirectos del mismo hacia áreas y/o proyectos vecinos y viceversa (conversión acumulativa de vegetación y ecosistemas con varios proyectos, alteración a la integridad funcional y capacidades de carga de ecosistemas por efecto de varios proyectos, entre otros). La ZII contiene a la ZID, es sobre la cual se plantearon los estudios de Línea Base Ambiental (LBA), así como, los análisis de identificación, evaluación, mitigación y supervisión de los impactos ambientales esperados con el desarrollo de El Proyecto (Juárez et al, 2006; GPPA, 2020). Asimismo, con fundamento en bases científicas y técnicas, se identifican, describen y analizan los componentes ecológicos presentes con el fin de identificar los efectos positivos y negativos que pudiera tener el desarrollo del proyecto en la región.

Para la integración de este capítulo, se tomaron en consideración los siguientes insumos:

- Información técnica generada por especialistas en cada uno de los temas (**Tabla 4.1**).
- Estudios de campo en el área de estudio (Anexos 4.1 – 4.10)
- Información obtenida de herramientas de alta precisión como el levantamiento de fotografía aérea digital (Tabla 4. 1 y Figura 4. 1)
- Literatura disponible para el sitio de interés.
- Datos cartográficos puestos a disposición por el INEGI, CONABIO, entre otros, así como los generados por los especialistas para los estudios correspondientes.

A partir de lo anterior, se generó información precisa sobre temas tales como la fisiografía, vegetación, fauna, hidrología, geofísica, entre otros, que permitieron identificar las interacciones y los alcances del Proyecto (**Tabla 4.2**). Esta información ha sido utilizada como parte fundamental para el planteamiento y diseño del Proyecto.

Tabla 4.1. Listado de anexos técnicos incluidos en el capítulo 4 de la MIA-R.

Anexo	Título breve	Nombre del estudio	Responsable	Especialidad
4.1	Fotografía aérea digital	Informe del procesamiento fotogramétrico de imágenes aéreas digitales	[REDACTED]	
4.2	Caracterización hidrológica	Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté	[REDACTED]	Geografía, cartografía y SIG, Geomorfología
4.3	Caracterización Hidrogeológica	Caracterización y diagnóstico hidrogeológico del Sistema Lagunar Nichupté	[REDACTED]	Geografía, cartografía y SIG, Geomorfología
4.4	Prospección Geofísica	Prospección geofísica del Sistema Lagunar Nichupté	[REDACTED]	Geografía, cartografía y SIG, Geomorfología
4.5	Hidrodinámica	Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté	[REDACTED]	Carbono azul
4.6	Diagnóstico Ambiental Agua	Diagnóstico ambiental del agua	[REDACTED]	Carbono azul
4.7	Hidrocarburos y metales	Hidrocarburos y metales selectos en el Sistema Lagunar Nichupté	[REDACTED]	Carbono azul
4.8	Caracterización Biota Acuática	Caracterización y diagnóstico ambiental de tipos de fondos y fauna asociada (necton y bentos) del Sistema Lagunar Nichupté	[REDACTED]	Biología y Ecología de ambientes marinos, cultivo de organismos marinos, restauración de ambientes arrecifales.
4.9	Caracterización Pastos Marinos	Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos	[REDACTED]	Carbono azul
4.10	Caracterización Manglar	Informe técnico sobre la estructura y condición de ecosistemas de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté Bojórquez	[REDACTED]	Carbono azul

Tabla 4.2. Características de la fotografía aérea realizada.

Fecha de toma	Resolución espacial	Resolución espectral
Junio de 2019	0.33 m por celda	Color visible

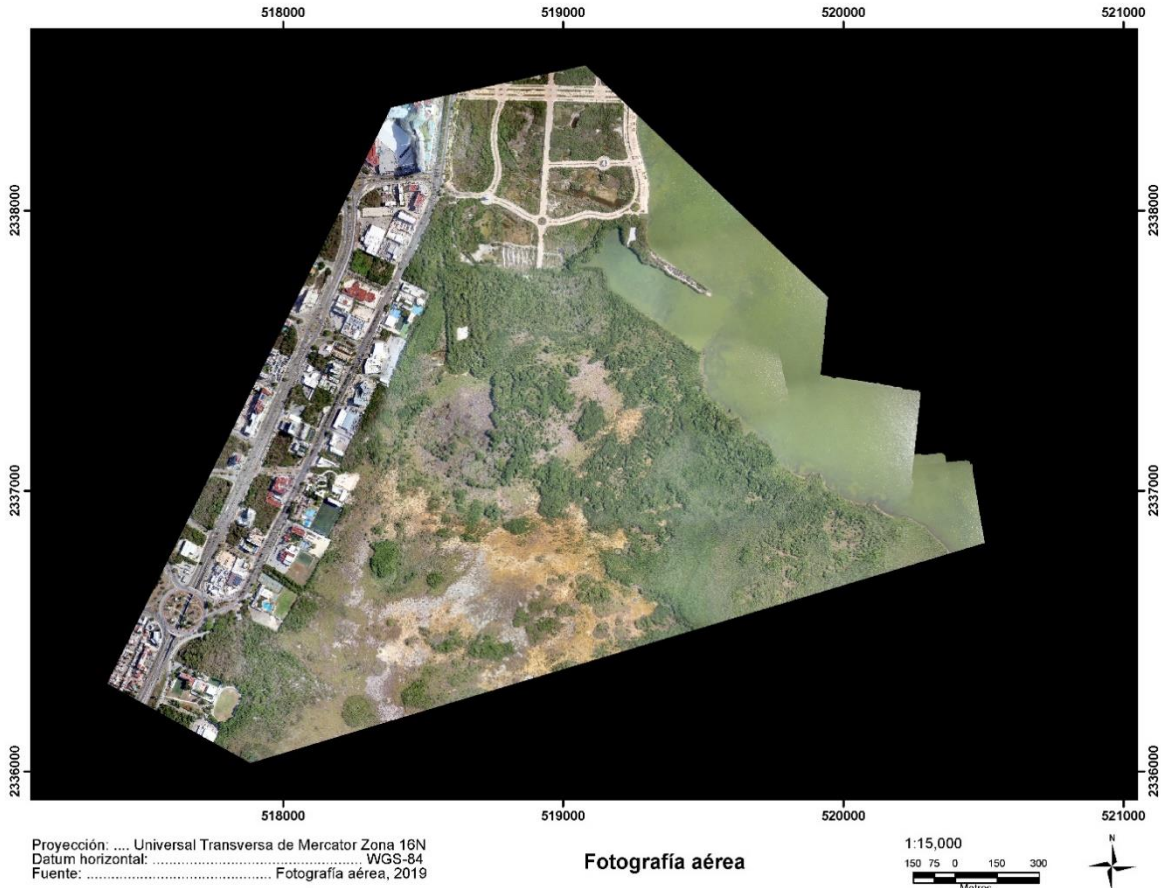
Fuente: (Propuesta no solicitada - AGEPRO, 2019)

Cabe resaltar que, a la par de la información técnico-científica, el promotor del Proyecto, solicitó la opinión a dependencias de las que obtuvo opiniones favorables para su realización, siempre y cuando su evaluación esté sustentada ampliamente en términos ambientales, normativos y sociales. Los detalles se pueden consultar en el capítulo 2 y sus anexos correspondientes, entre estas se mencionan:

- Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) Anexo 2.1a y 2.1b,
- Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo (SEMA),
Anexo 4.12 Opinión SEMA
- Secretaría Municipal de Ecología y Desarrollo Urbano del Municipio Benito Juárez
(Anexo 4.13_Opinión SMEyDU BJ)

En la **Figura 4.1**, se presenta la imagen obtenida a partir del procesamiento de imágenes tomadas en junio de 2019, para la zona oeste sobre una superficie de 440.56 ha. Esta imagen fue una herramienta importante para la determinación de la cobertura de suelo, en el área con mayor densidad de vegetación asociada con el Proyecto (**Anexo 4.1 Informe de fotografía aérea**).

Figura 4.1. Mosaico en luz visible a partir de la fotografía aérea digital.



Fuente: GPPA, con datos de Propuesta no solicitada 2019.

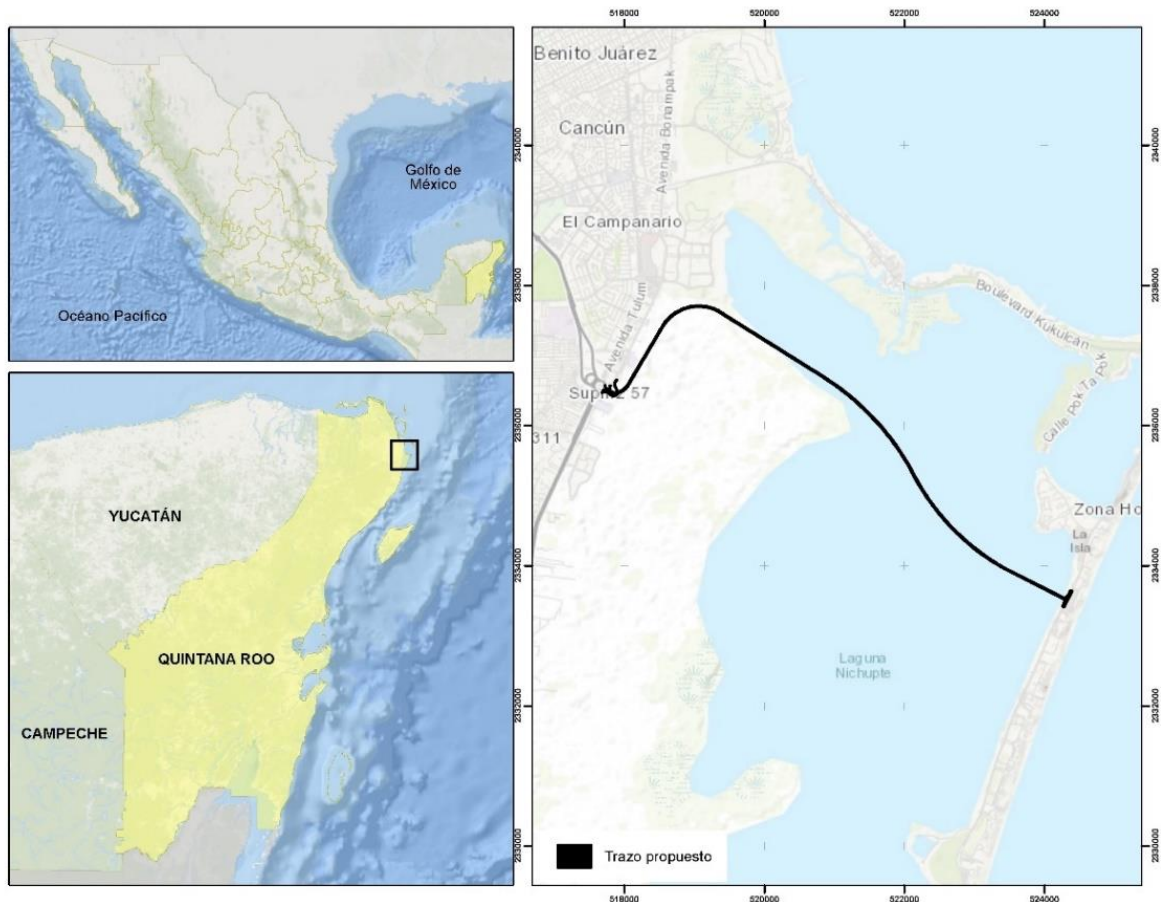
La información contenida en cada uno de los estudios señalados, cuenta con información de campo y análisis de información de gabinete, con la finalidad de obtener la mayor cantidad de datos posibles e información precisa sobre temas tales como la fisiografía, vegetación, fauna, hidrología, geofísica, entre otros. Esta información ha sido utilizada como parte fundamental para el planteamiento y diseño del Proyecto, el cual contó con tres propuestas de trazo previas a la que se somete a evaluación, y que fueron descartándose hasta hallar la que representara los menores efectos en materia ambiental y que cumpliera de la mejor manera con el fin que se busca, que es, mejorar la circulación en una zona conflictiva de la ciudad, que aun cuando aparentemente está aislada del resto, sus efectos en momentos de contingencia tienen repercusiones considerables en una parte importante de la ciudad.

4.2 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR)

Delimitación del área de estudio

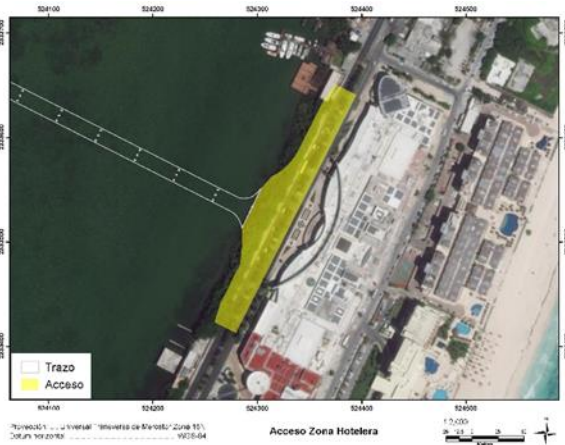
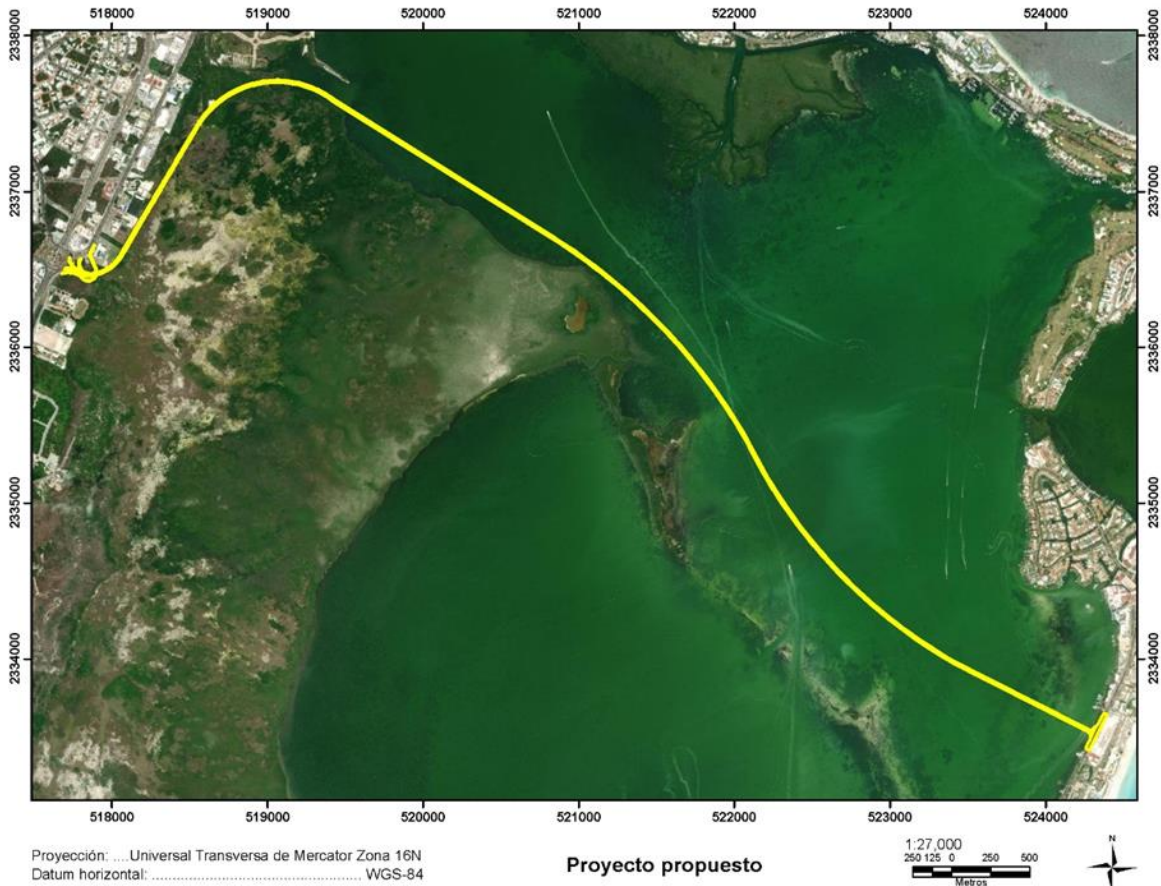
El Proyecto, se localiza en la ciudad de Cancún, municipio Benito Juárez al norte del estado de Quintana Roo (**Figura 4.2**), cruza la laguna Nichupté en sentido sureste – noroeste. El entronque sureste es a la altura del Km 13 de la Zona Hotelera, el opuesto es el denominado distribuidor vial Kabah o Monumento Antigua Torre de Control. Tiene una longitud de 8.8 Km y un ancho de 14.9 m (**Figura 4.3**).

Figura 4.2. Localización del proyecto Puente Vehicular Nichupté.



Fuente: (AGEPRO, 2021)

Figura 4.3. Trazo de El Proyecto.



Fuente: (AGEPRO, 2021)

4.2.1 Definición del Sistema Ambiental Regional del Proyecto

La guía para la elaboración de una manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional (MIA-R), de acuerdo con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, indica en su

Artículo 13, Fracción IV, que la MIA deberá contener la descripción del sistema ambiental regional, así como el señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región.

El Sistema Ambiental Regional (SAR), de acuerdo con el glosario de términos de la guía antes citada, es descrito como el “espacio finito definido con base en las interacciones entre los medios abióticos, bióticos y socio-económicos de la región donde se pretende establecer el proyecto, generalmente formado por un conjunto de ecosistemas y dentro del cual se aplicará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales de aprovechamiento”. Bajo este concepto, el SAR es la región ecológica donde los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, generados en las diversas etapas del proyecto, pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas, tal y como se establece en el inciso IV del artículo 11 del REIA.

La delimitación del SAR, tuvo a bien, considerar los criterios a continuación:

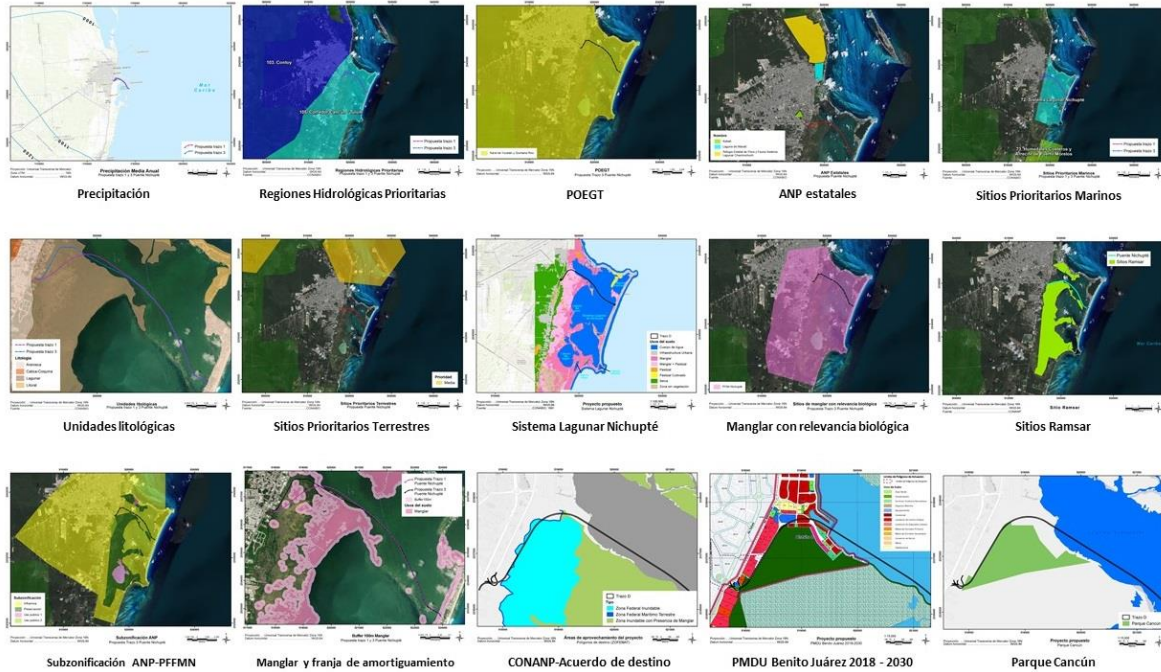
- Medio abiótico
 - Fisiografía, geohidrología, geología, hidrogeología, climatología, etc.
 - Limitantes físicas ubicadas en el área de estudio y que representen barreras naturales frente a la propagación o dispersión de algún impacto definido para cada uno de los componentes del medio, tales como, infraestructura vial, desarrollos inmobiliarios, etc.
- Medio biótico
 - Antecedentes ambientales del proyecto e información técnico científica generada en cada uno de los estudios que dan soporte a la evaluación de esta MIA-R.
- Marco jurídico
 - Normativos: Leyes, Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas.
 - Planeación: Programas de Ordenamiento Ecológico y Programas de Desarrollo Urbano.

La obtención de los límites y determinación de la ZII y ZID de El Proyecto se analizó tomando en cuenta los instrumentos de regulación ecológica y de aprovechamiento del territorio vigentes, así como la cartografía disponible para cada uno de ellos. Los detalles se pueden consultar en el Capítulo 3 de esta MIA-R (**Figura 4.4**).

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental.

- Ley General de Vida Silvestre.
- Ley General y Reglamento de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Ley General de Bienes Nacionales y Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.
- NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
- NOM-059-SEMARNAT-2010, que establece el listado de especies que, por su condición ambiental, deben ser consideradas como protegidas en el territorio nacional, así mismo, determina el grado y tipo de protección al cual deberán someterse.
- Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté.
- Regiones de importancia para la biodiversidad (CONABIO, RAMSAR).
- Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez 2014.
- Programa Municipal de Desarrollo Urbano 2018 – 2030 de Benito Juárez.
- Parque Cancún

Figura 4.4. Información cartográfica y documental analizada para definir El Proyecto y su Zona de Influencia.



Fuente: GPPA, 2021

4.2.2.1. *Límites del Sistema Ambiental Regional*

De conformidad con lo anterior, en la **Figura 4.5**, se muestra el SAR del Proyecto, el cual está conformado por el Sistema Lagunar Nichupté (SLN), compuesto por el cuerpo lagunar, los humedales asociados, remanentes de selva y la franja arenosa que colinda con el mar Caribe. Si bien, de manera natural, el SLN formó parte de un complejo sistema de humedales costeros, se conectaba al norte con los humedales asociados a la laguna Chacmucuch y al sur con los humedales de Puerto Morelos, progresivamente, con el desarrollo del Centro Integralmente Planeado Cancún a principios de los setenta el SLN fue fragmentado y actualmente tiene límites físicos de origen antrópico que lo separan de los antes mencionados. Los límites son los siguientes:

- Al norte por el inicio del Blvd. Kukulcan,
- Al noreste por la línea de costa, que lo limita con el Mar Caribe,
- Al sur por el Blvd. Kukulcan en la porción que lo conecta con el aeropuerto internacional de Cancún,
- Al oeste por la Carretera Federal 307 Chetumal – Puerto Juárez, que es conocida en su tramo en la zona urbana de Cancún como Blvd. Colosio y
- Al este y sureste por el mar Caribe

La superficie total es de **9,976.69 ha**. El **Anexo 2.2 (Coordenadas UTM)**, del capítulo 2, integra las coordenadas de referencia del Sistema Ambiental y las obras asociadas con el Proyecto.

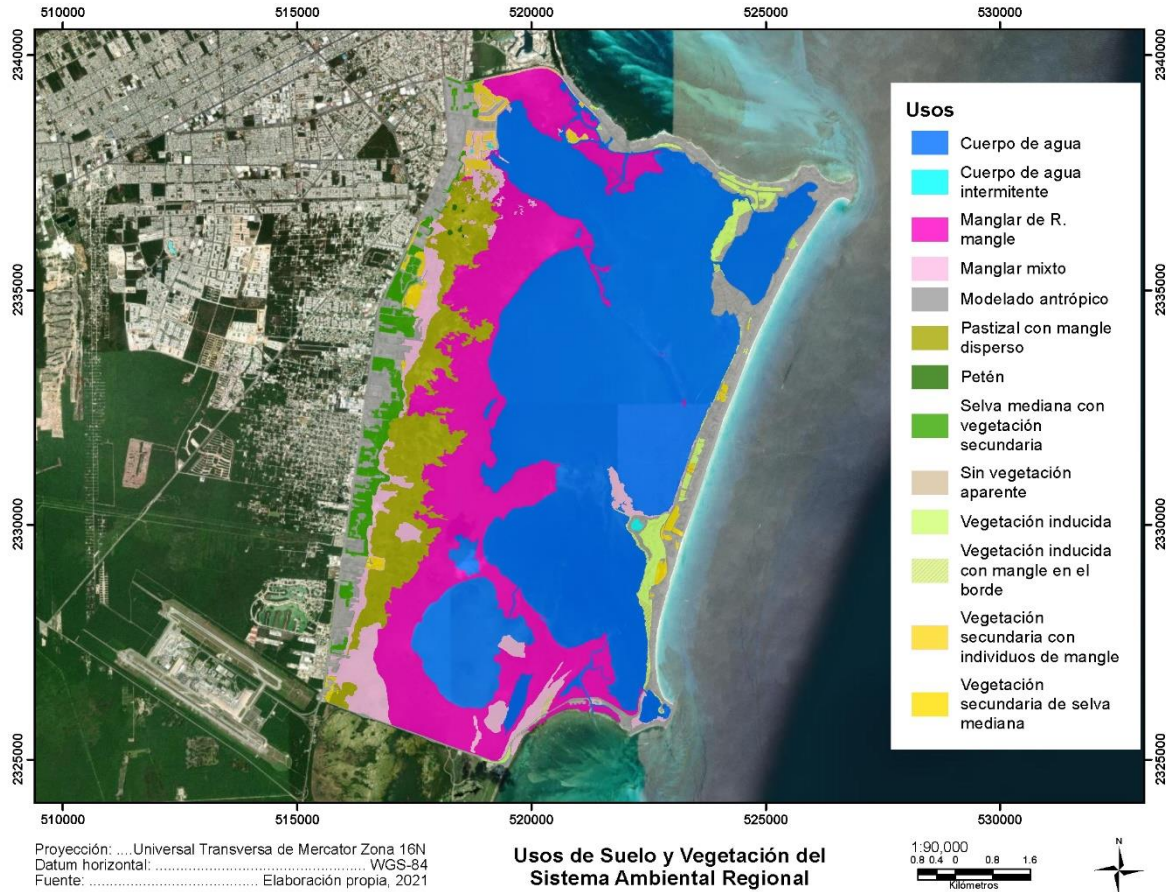
Figura 4.5. Sistema Ambiental Regional del Proyecto.



Fuente: GPPA, 2021 con datos de INEGI, CONABIO, Ordenamientos del territorio

Los usos de suelo y vegetación que conforman este sistema son las siguientes (**Figura 4.6, Tabla 4.3**).

Figura 4.6. Usos de suelo y vegetación que conforman el SAR del Proyecto.



Fuente: GPPA, 2021 con datos de INEGI, CONABIO, Ordenamientos del territorio.

Tabla 4.3. Superficies de los usos de suelo y vegetación presentes en el SAR.

Vegetación y usos de suelo en el SAR	Superficie (ha)			
	Lagunar	Terrestre	Total	%
Cuerpo de agua	4803.46	0.05	4803.51	48.15
Cuerpo de agua intermitente	0.00	7.28	7.28	0.07
Manglar de <i>R. mangle</i>	16.08	2180.85	2196.92	22.02
Manglar mixto	0	499.40	499.40	5.01
Modelado antrópico	0	1099.43	1099.43	11.02
Pastizal con mangle disperso	0	769.55	769.55	7.71
Petén	0	3.62	3.62	0.04
Selva mediana con vegetación secundaria	0	253.76	253.76	2.54
Sin vegetación aparente	0	9.66	9.66	0.10
Vegetación inducida	0	180.63	180.63	1.81
Vegetación secundaria con individuos de mangle	0	78.39	78.39	0.79
Vegetación secundaria de selva mediana	0	74.59	74.59	0.75
Total	4819.53	5157.20	9976.73	100.00

Fuente: GPPA, 2021

Las unidades naturales o el paisaje que conforman este sistema se representan en la **Figura 4.7** y **Tabla 4.4** a continuación:

Figura 4.7. Unidades naturales que conforman el SAR del Proyecto.



Fuente: GPPA, 2021

Tabla 4.4. Superficies de las unidades naturales que conforman el SAR del Proyecto.

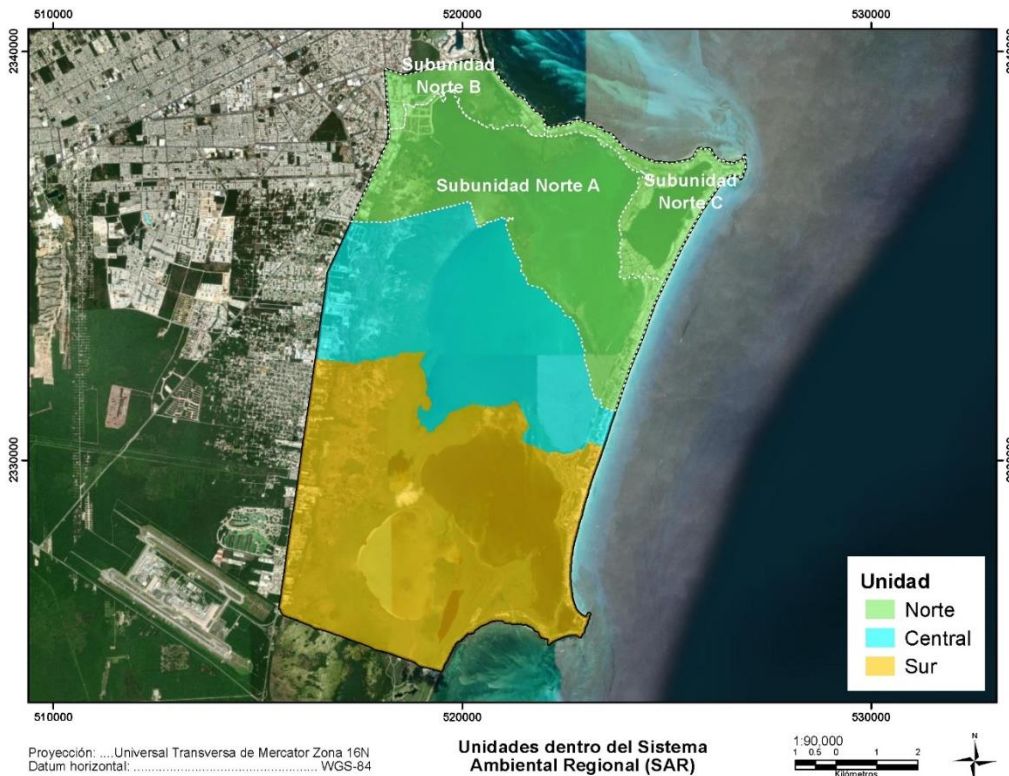
Unidades / Zona	Superficie (ha)		
	Lagunar	Terrestre	Total
Modelado antrópico	0.00	1099.43	1099.43
Planicie de inundación con manglar	0.00	3578.43	3578.43
Barra insular arenosa con urbanización	0.00	221.12	221.12
Planicie transicional	0.00	274.30	274.30
Laguna litoral de fondo somero, limo arenoso	4801.39	2.02	4803.41
Total	4801.40	5175.29	9976.69

Fuente: GPPA, 2021

Con la finalidad de determinar los alcances que tendrá el Proyecto sobre el sistema, fue necesario hacer una regionalización del SAR, considerando fronteras físicas, batimétricas e hidrodinámicas principalmente (los detalles se pueden consultar en el apartado 4.3.1.8.

de Batimetría y el 4.3.1.9 de Hidrodinámica). El resultado fue la división del SAR en tres subunidades (**Figura 4.8**) que se describen a continuación:

Figura 4.8. Subunidades del SAR.



Fuente: GPPA, 2021

Subunidad Sur

Está conformada en su porción acuática por la cuenca sur, el cuerpo de agua denominado Río Inglés y la laguna Caletilla; la cuenca sur está directamente influenciada por la boca sur (Punta Nizuc) y esteros que conectan con el Mar Caribe al sur del sistema.

- El límite norte de esta subunidad, corresponde en su porción acuática con la presencia de bajos mareales y el borde del cuerpo de agua, el límite terrestre se atravesó entre los humedales a partir de la interpretación de las imágenes satelitales que permitieron identificar diferencias entre las asociaciones vegetales, hasta llegar a una brecha entre dos predios particulares que colindan con la carretera federal 307,
- El límite sur es el Blvd. Kukulcan,
- El límite oeste, corresponde con la Carretera federal 307;
- Al este y sureste el mar caribe (**Figura 4.8**).

Tiene una superficie de **4,165.28 ha.**

Subunidad Centro

Está conformada en su porción acuática por la cuenca central, distinguida en la batimetría de la zona (Apartado 4.3.1.8) y que cuenta a su vez con una celda de circulación hidrodinámica bien definida (**Anexo 4.5 Hidrodinámica**).

- El límite norte corresponde a su vez con el límite de los polígonos del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté (APFFMN), conformados por los bajos que delimitan la cuenca; en la porción terrestre el margen pasa a través de la franja de humedales en el límite del Parque Cancún y se prolongó entre los límites de predios hasta llegar a la carretera federal 307,
- El límite sur corresponde con el límite norte de la subunidad sur (descrito en el apartado anterior),
- El límite oeste es la Carretera federal 307 y
- El límite este es el mar Caribe (**Figura 4.8**).

La superficie de esta subunidad es **2,535.41 ha.**

Subunidad Norte

Corresponde con la zona en la cual se desarrollará el Proyecto.

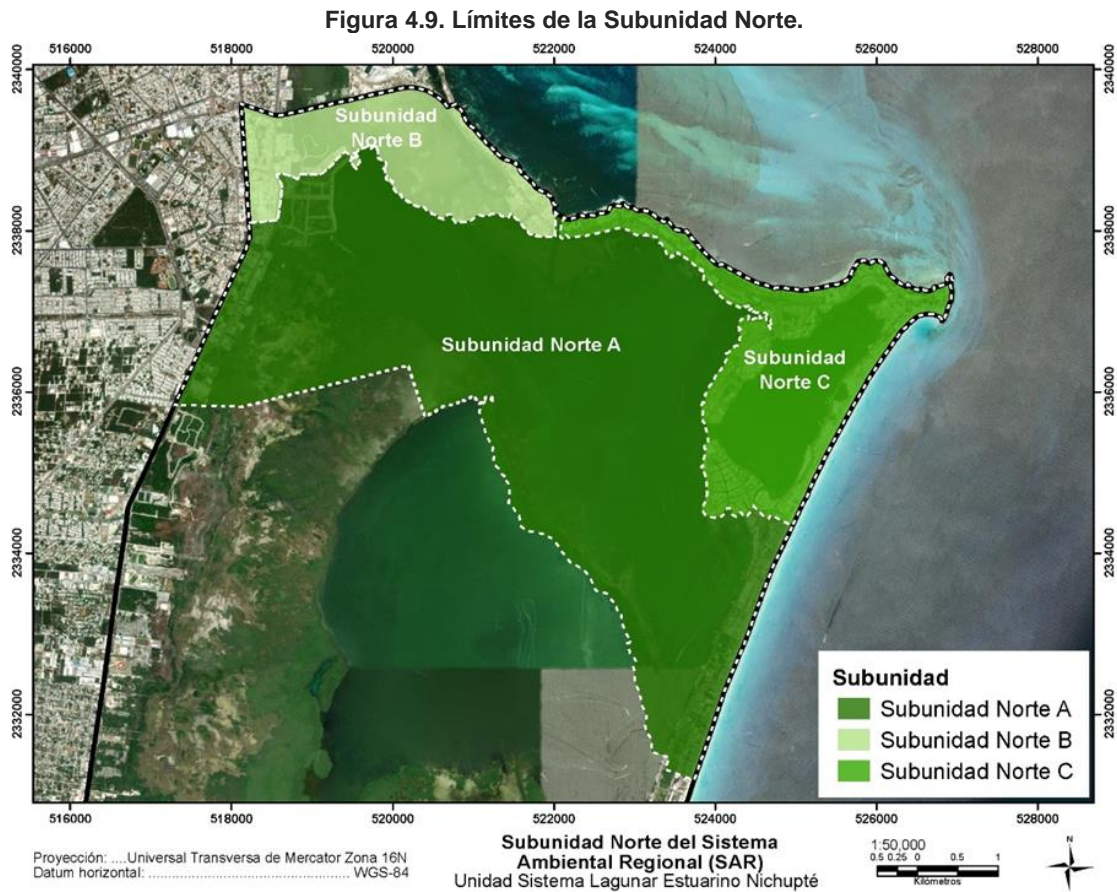
El rasgo principal de esta subunidad en la porción acuática es la cuenca norte, reconocida en los estudios de batimetría del SLN y que, al igual que las anteriores tiene una celda de circulación hidrodinámica bien definida, esta recibe influencia del Mar Caribe a través de la boca norte (los detalles se pueden consultar en el apartado 4.3.1.8. de Batimetría y el 4.3.1.9 de Hidrodinámica). En la parte terrestre, está contenida en la descripción que hace la CONABIO para el Sistema en la ficha PY-64 en 1981, que para fines de este estudio se ha acotado a las barreras artificiales que se han construido alrededor de la zona urbana y turística de Cancún que han representado una fragmentación del Sistema original.

- El límite norte lo establece el Blvd. Kukulcan, que fragmenta el manglar y otros humedales en la zona conocida como Puerto Cancún y al noreste el Mar Caribe
- El límite sur corresponde con el límite norte de la Subunidad Centro,
- El límite oeste corresponde con la carretera federal 307, que es conocida como Blvd. Colosio en la sección que atraviesa la zona urbana de Cancún y

- El límite este por el Mar Caribe. (Figura 4.8).

Esta subunidad tiene una superficie de **3,276 ha**.

Las condiciones y características de esta subunidad hicieron necesario subdividirla en tres subunidades menores considerando que el Proyecto no tendrá efecto en dos de ellas, se trata de la Subunidad Norte “b” y Subunidad Norte “c” (Figura 4.9). A continuación, se describen los límites de estas subunidades menores.



Subunidad norte “a”

- Está definida al norte por el límite sur de los polígonos extremos del APFFMN,
- El límite noreste, corresponde con el borde interior del cuerpo lagunar hasta la altura de la vialidad denominada Pok-ta-pok, sin considerar la laguna Bojórquez,
- El límite sur corresponde con el límite norte de la Subunidad Centro, en su porción terrestre se lleva hasta el límite del Hotel Paradisus Cancún hasta llegar a la franja costera,

- El límite oeste, corresponde con la Carretera federal 307 y
- El límite este, corresponde con el Mar Caribe

Subunidad norte “b” – Manglares al este de Tajamar

- Está definida al norte por el inicio del Blvd. Kukulcan y la franja costera hasta el Mar Caribe,
- El límite sur corresponde con el borde del manglar de los polígonos del APFFMN,
- El límite oeste corresponde con la calle Antonio Enríquez Saviñac y Av. Sayil y
- El límite este corresponde con el margen oeste de la boca que conecta la cuenca norte con el Mar Caribe.

Subunidad norte “c” – Laguna Bojórquez

- Está definida al norte y noreste por el Mar Caribe,
- El límite sur corresponde con el borde del manglar del polígono del APFFMN y el borde interior del cuerpo lagunar,
- El límite oeste corresponde con el margen este de la boca que conecta la cuenca norte con el Mar Caribe.
- El límite este es el Mar Caribe.

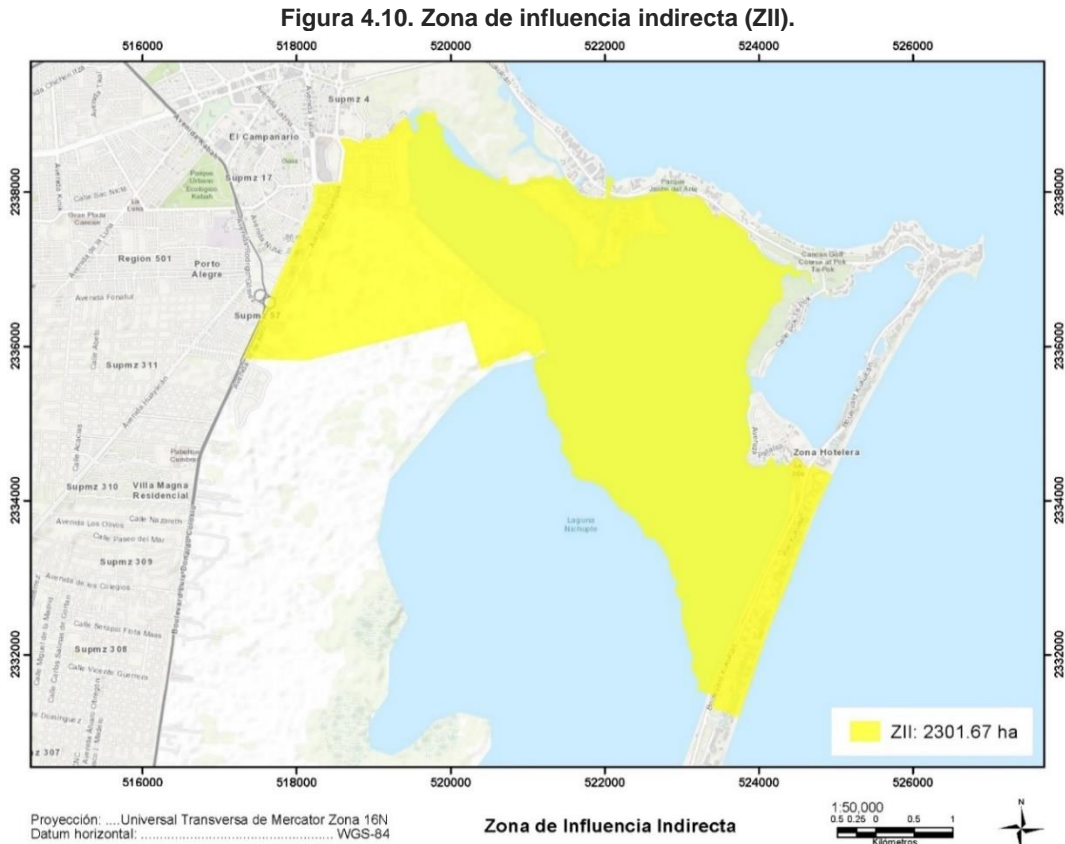
De estas tres subunidades que conforman la Subunidad Norte, el Proyecto se desarrollará en la Subunidad Norte “a”, esta constituye a su vez, la Zona de Influencia Indirecta (ZII) que se define en el apartado siguiente.

4.2.2.2. Zona de Influencia Indirecta (ZII)

La Zona de Influencia Indirecta (ZII) se entiende como la superficie que no es transformada por desplante o afectación directa del proyecto, es el resultado de los efectos indirectos del mismo hacia áreas y/o proyectos vecinos y viceversa (conversión acumulativa de vegetación y ecosistemas con varios proyectos, alteración a la integridad funcional y capacidades de carga de ecosistemas por efecto de estos, entre otros).

La ZII, está conformada por la Subunidad Norte “a” cuyos límites se describieron previamente, se consideró principalmente la batimetría que permite la definición de las cuencas (Ver apartado 4.3.1.8) y la hidrodinámica (**Anexo 4.5 Hidrodinámica**) que determina las celdas de circulación de las corrientes al interior del SLN, los límites terrestres

están en función de los anteriores. La superficie de la ZII (**Figura 4.10**) es de **2,301.67 ha.**, con respecto al SAR (9,976.69 ha), representa 23.07 %. Los estudios de Línea Base Ambiental (LBA) para el Proyecto, están asociados con la ZII; algunos se extienden más allá del SAR.

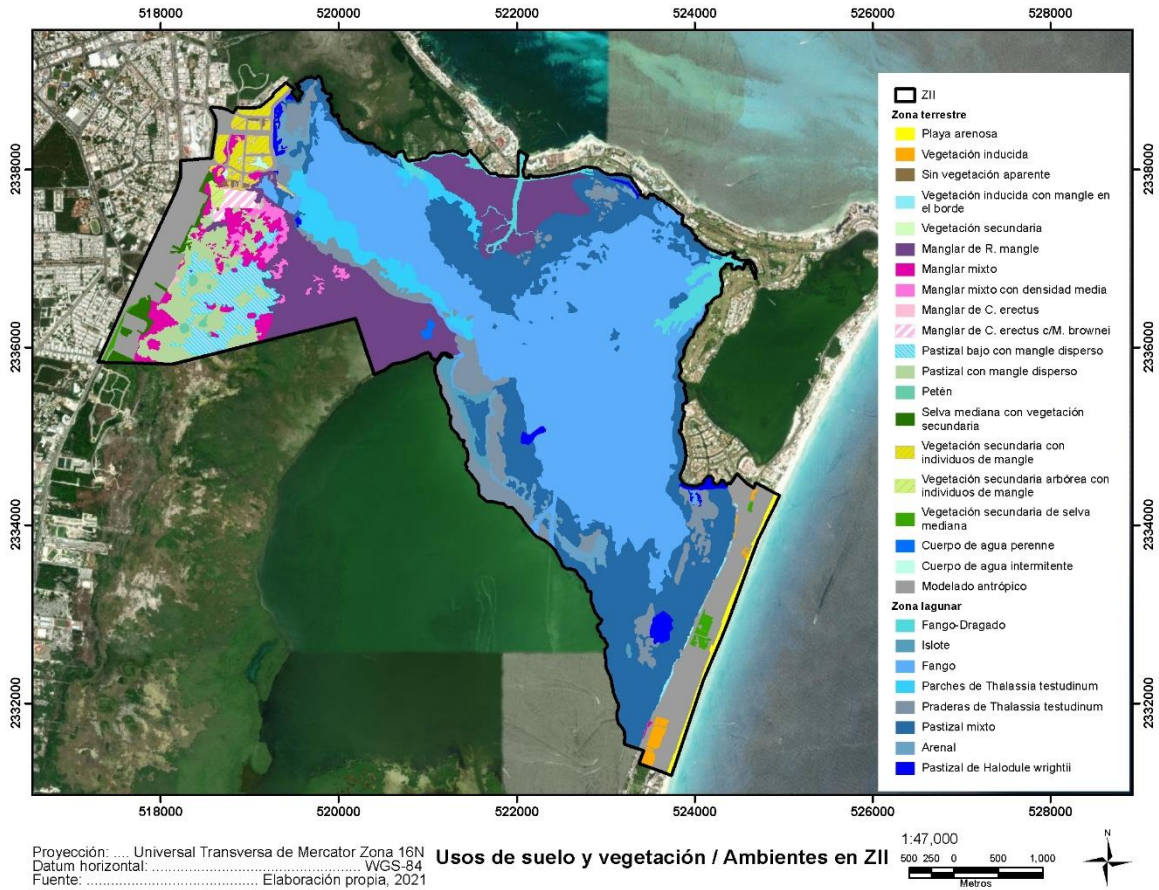


Fuente: GPPA, con datos de INEGI, CONABIO, Ordenamientos del territorio y estudios de LBA.

En la **Figura 4.11, Tabla 4.5** se muestran los tipos de coberturas de vegetación (terrestre y lagunar), tipos de ambientes ecológicos y usos del suelo determinados para ZII, es resultado de la interpretación de fotografía aérea referenciada, trabajos de campo realizados por los especialistas para los estudios de LBA y literatura disponible.

Las categorías asignadas a la vegetación y ambientes lagunares para el Proyecto son más precisas, son relevantes, pues permitieron evaluar los impactos de igual manera con más precisión; varias de estas están contenidas en las categorías generales del SAR, determinadas por la serie VI de INEGI. De las 2,301.67 ha de la ZII, 1,551.84 corresponden con el ambiente acuático y 749.83 ha con el terrestre.

Figura 4.11. Distribución de los tipos de vegetación, cobertura del suelo y ambientes lagunares en la ZII del Proyecto.



Fuente: Fuente: GPPA, con datos de INEGI, CONABIO, Ordenamientos del territorio y estudios de LBA.

Tabla 4.5. Superficies de las coberturas al interior de la ZII.

Vegetación y otros usos de suelo en la ZII		Total ZII (8ha)
Lagunar		1551.84
Arenal		37.29
Fango		766.82
Fango-Dragado		48.73
Islote		16.08
Parches de <i>Thalassia testudinum</i>		66.61
Pastizal de <i>Halodule wrightii</i>		20.69
Pastizal mixto		459.29
Praderas de <i>Thalassia testudinum</i>		136.33
Terrestre		749.83
Área verde jardinada		2.82
Cuerpo de agua intermitente		2.63
Cuerpo de agua perenne		2.02
Manglar de <i>C. erectus</i>		0.83

Vegetación y otros usos de suelo en la ZII	Total ZII 8ha)
Manglar de <i>C. erectus</i> c/ <i>M. brownei</i>	9.88
Manglar de <i>R. mangle</i>	257.38
Manglar mixto	46.49
Manglar mixto con densidad media	16.63
Modelado antrópico	185.28
Pastizal bajo con mangle disperso	55.77
Pastizal con mangle disperso	80.24
Petén	3.62
Playa arenosa	16.17
Selva mediana con vegetación secundaria	15.67
Sin vegetación aparente	2.86
Vegetación inducida	8.95
Vegetación secundaria	0.19
Vegetación secundaria arbórea con individuos de mangle	2.76
Vegetación secundaria con individuos de mangle	31.80
Vegetación secundaria de selva mediana	7.85
Subtotal	2301.67

Fuente: GPPA, con datos de INEGI, CONABIO, Ordenamientos del territorio y estudios de LBA.

Con respecto al patio de maniobras (ubicado aproximadamente a 4.04 km de distancia con respecto al entronque oeste) y prefabricados fuera de la ZII, se trata de un terreno asociado con un auditorio, cuyo frente colinda con la avenida Colosio, está conformado principalmente por un estacionamiento y vía de acceso, ambos pavimentados, es un terreno propiedad del estado, que se incluyó como área para algunas actividades del proyecto, con la finalidad de disminuir la superficie de afectación por desmonte de vegetación dentro de la ZII, tiene una superficie de 6.65 ha; con la extensión de esta superficie se determinó la que se denomina Zona de Influencia Ambiental (ZIA).

En el patio de maniobras se realizará el armado de travesaños para ser transportadas al área de obra del Proyecto, así como concentrará otras obras tales como: estacionamiento, sanitarios, almacén, patio de prefabricados y planta dosificadora, estacionamiento de maquinaria, vivero, entre otros.

4.2.2.3. Zona de Influencia Directa (ZID)

La ZID corresponde con el área que será ocupada por las obras permanentes del Proyecto, estas serán desplantadas sobre los ecosistemas, tipos de vegetación y usos del suelo; en esta superficie serán generados los impactos directos por remoción de vegetación o afectación directa en términos de superficie.

Las obras que conforman la categoría permanente del Proyecto, corresponden con las pilas, entronques (terraplén) y un edificio de usos múltiples, la superficie es de **(1.61 ha)**; por otro lado, están las obras temporales, consisten en un camino de acceso, los patios de maniobras asociados con el camino y un patio de prefabricados y maniobras fuera de la ZII, la superficie de estas obras es de **9.01 ha**. La superficie de las obras permanentes y temporales suman **10.62 ha**, representan el 0.11 % del SAR y el 0.46 de la ZII. De las 10.62 ha que abarcan las obras en la ZID, 10.47 ha se encuentran en la zona terrestre y 0.15 ha en la zona lagunar.

Por otro lado, si se considera el trazo total y el ancho del puente de 14.9 m, se puede estimar una superficie de afectación indirecta (sombra debajo de la superficie de rodamiento) de 124876.42 m² (12.49 ha); de las cuales 25527.02 m² (2.55 ha) se ubicarán sobre zona terrestre y 99349.39 m² (9.93 ha) sobre la zona lagunar.

El Proyecto considera una superficie de afectación directa permanente en su parte terrestre sobre vegetación de manglar de 650.87 m² y 109.62 m² con vegetación con presencia de mangle; así como sobre selva en 5347.48 m², y sobre áreas previamente impactadas en 1954.40 m²; respecto a la afectación directa permanente en su parte lagunar, se prevé una afectación de 756.97m² sobre pastizales, 266.39 m² sobre un área de parches aislados de *Thalassia*, 40.58 m² sobre praderas de *Thalassia* y 443.19 m² sobre fango (**Figura 4.11**). Con respecto a lo anterior, es importante señalar que la naturaleza del Proyecto y dadas las escalas de trabajo en los estudios de LBA, el reconocimiento de asociaciones vegetales es mucho mayor que el reconocido por INEGI en la Serie VI, sin embargo, están contenidas en estas últimas.

Las obras que conforman la ZID se representan en la **Figura 4.12** en color verde claro. Corresponde con las obras permanentes En el **Anexo 2.2** del capítulo 2, se presentan las coordenadas UTM correspondientes.

Figura 4.12. Zona de Influencia Directa del Proyecto.



Fuente: GPPA, 2021 con datos de AGEPRO.

4.2.2.4. Distribución de superficies de El Proyecto con respecto al SAR, ZII y ZID

En la **Tabla 4.6** a continuación, se presenta la relación de superficies asociadas con el Proyecto. Las superficies pueden variar debido al redondeo a centésimas.

Tabla 4.6. Superficies asociadas con el Proyecto.

	Superficie total (ha)*	Porcentaje respecto al SAR (%)	Superficie en zona terrestre (ha)	Porcentaje (%)	Superficie en zona lagunar (ha)	Porcentaje (%)
ZID	10.62	0.11	10.47	0.10	0.15	0.0015
ZII	2,301.67	23.07	749.83	7.52	1,551.84	15.55
SAR	9,976.69	100	5,159.17	51.71	4,817.56	48.29

Fuente: GPPA

En la **Figura 4.13**, **Tabla 4.7**, se presenta la relación de las unidades naturales con El Proyecto, así como con la vegetación y coberturas de suelo (**Tabla 4.8**), ambos con respecto al SAR del Proyecto, y la distribución de las obras temporales y permanentes asociadas con la ZII y ZIA.

Figura 4.13. Obras permanentes del Proyecto sobre las unidades naturales del SAR.



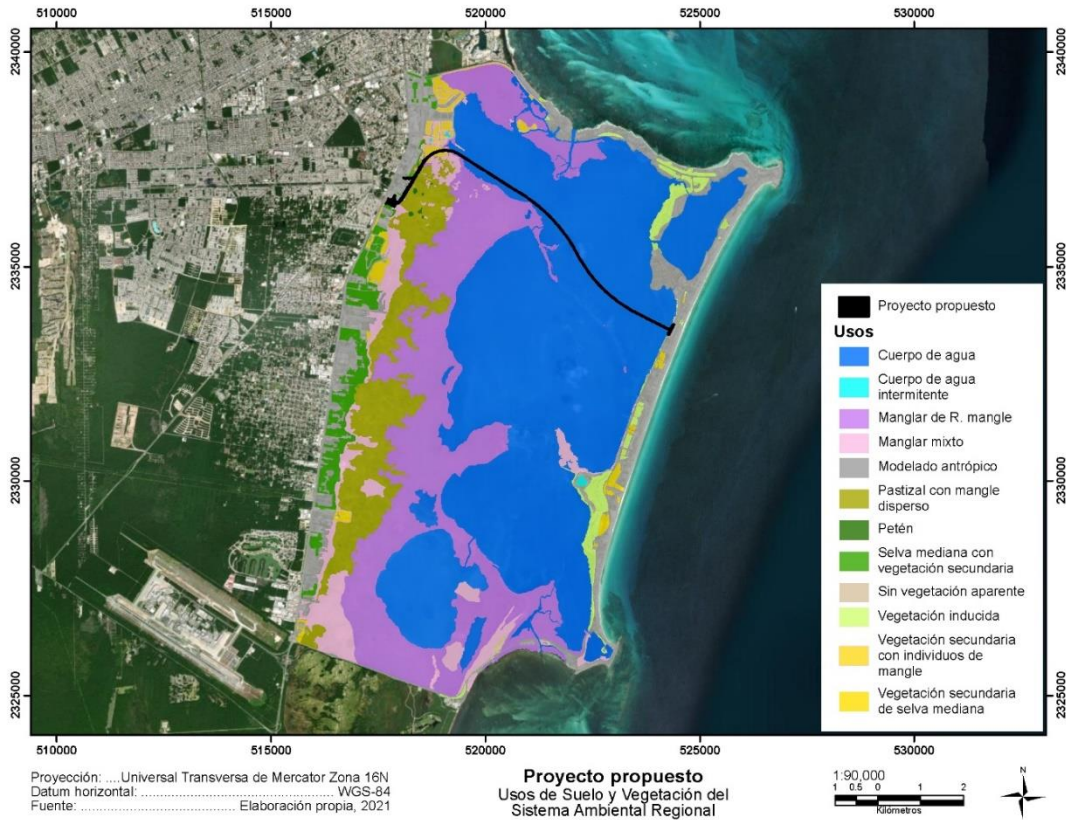
Fuente: GPPA con datos de (AGEPRO, 2021).

Tabla 4.7. Obras permanentes y temporales del Proyecto con respecto a las unidades naturales.

Unidades naturales / Trazo	Superficie (ha)								Total
	Permanente (ZID)			Temporal (ZII)					
	Área de usos múltiples	Pila	Terraplén	Caminos	Patio de maniobras	Accesos	Área de usos múltiples temporal	Patio de maniobras y prefabricados	
Lagunar	0.00	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
Laguna litoral de fondo somero, limo arenoso		0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00		0.15
Terrestre	0.13	0.03	1.30	0.74	0.14	0.36	1.12	6.65	10.47
Modelado antrópico	0.00	0.00	0.65	0.18	0.00	0.01	0.01	5.84	6.69
Planicie de inundación con manglar	0.00	0.03	0.02	0.48	0.13	0.29	0.02	0.00	0.96
Barra insular arenosa con urbanización	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
Planicie transicional	0.13	0.00	0.46	0.09	0.01	0.06	1.09	0.82	2.65
Total general	0.13	0.12	1.36	0.74	0.14	0.36	1.12	6.65	10.62

Fuente: GPPA con datos de (AGEPRO, 2021)

Figura 4.14. Obras del Proyecto con respecto a la vegetación, otras coberturas de suelo y ambientes lagunares en el SAR.



Fuente: GPPA con datos de (AGEPRO, 2021).

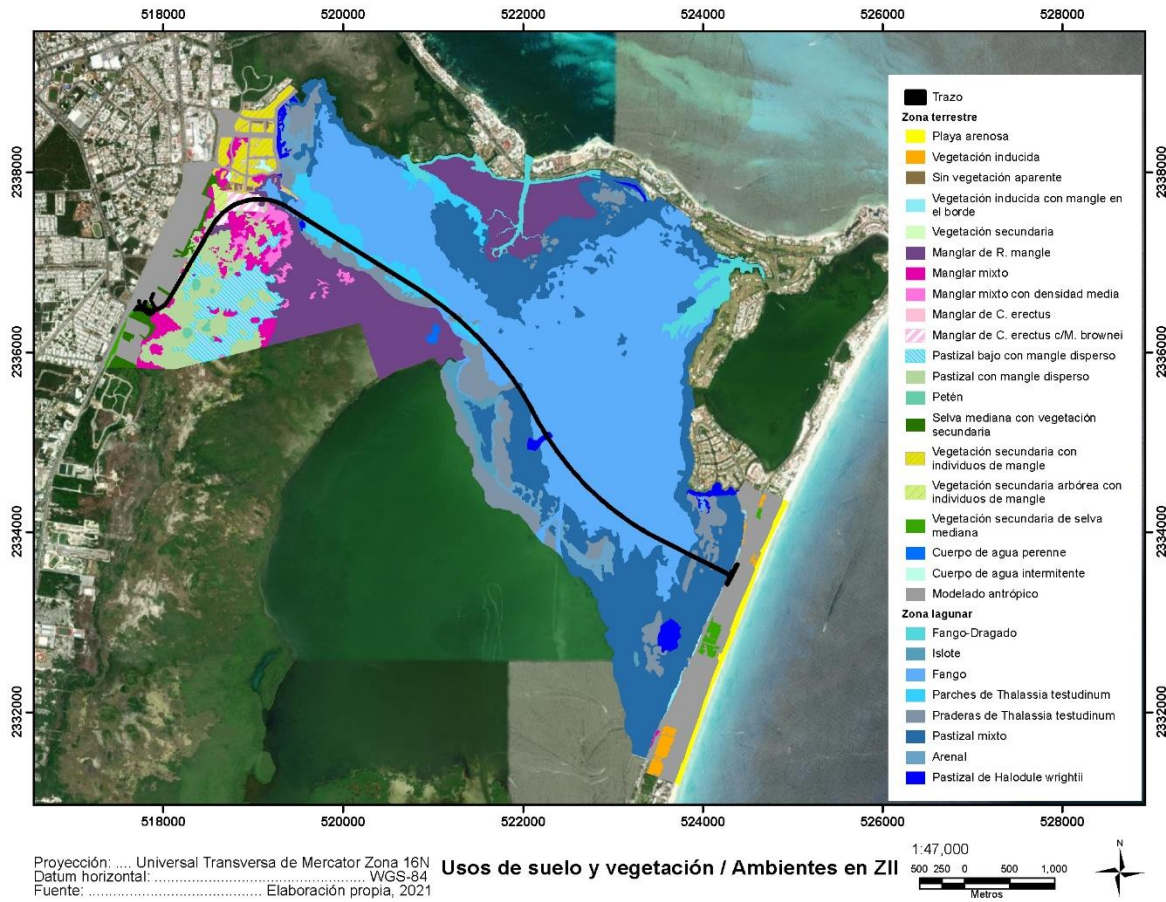
Tabla 4.8. Superficie de obras permanentes y temporales con respecto a la vegetación y otras coberturas de suelo.

USyV SAR /Trazo	Unidad norte							Unidad central	Total
	Permanente (ha)				Temporal (ha)			Patio de maniobras y prefabricados	
	Área de usos múltiples	Pila	Terraplén	Caminos	Patio de maniobras	Accesos	Relleno terraplén		
Lagunar		0.85	0.66						1.51
Cuerpo de agua		0.85	0.66						1.51
Terrestre	0.13	0.32	1.30	0.74	0.14	0.36	1.12	6.65	10.76
Cuerpo de agua intermitente		0.73		0.11	0.13	0.93			1.90

USyV SAR /Trazo	Unidad norte							Unidad central	Total
	Permanente (ha)			Temporal (ha)				Patio de maniobras y prefabricados	
	Área de usos múltiples	Pila	Terraplén	Caminos	Patio de maniobras	Accesos	Relleno terraplén		
Manglar de <i>R. mangle</i>		0.75				0.86			1.61
Manglar mixto		0.33		0.39		0.32			1.04
Modelado antrópico		0.53	0.65	0.18	0.30	0.98	0.13	5.84	8.61
Pastizal con mangle disperso		0.12		0.35	0.12	0.18			0.77
Selva mediana con vegetación secundaria	0.13	0.66	0.45	0.15	0.63	0.13	1.11	0.82	4.09
Sin vegetación aparente		0.35							0.35
Vegetación inducida			0.17						0.17
Vegetación secundaria con individuos de mangle		0.85		0.22		0.62			1.69
Vegetación secundaria de selva mediana			0.24				0.56		0.80
Subtotal	0.13	0.12	1.36	0.74	0.14	0.36	1.12	6.65	10.62
Total		1.61				9.01			10.62

Fuente: GPPA con datos de (AGEPRO, 2021).

Figura 4.15. Distribución de las obras permanentes sobre los tipos de vegetación y otras coberturas del suelo y ambientes lagunares en la ZII del Proyecto.



Fuente: GPPA, 2021 con datos de AGEPRO, 2021.

Tabla 4.9. Superficie de obras permanentes y temporales con respecto a la vegetación y otras coberturas de suelo y ambientes acuáticos en la ZII.

Vegetación en la ZII	Permanente				Temporal				Total
	Usos múltiples	Pila	Terraplén	Camino	Patio de maniobras	Accesos	Relleno terraplén	Patio de maniobras externo	
Lagunar		0.09	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
Fango		0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
Manglar de <i>R. mangle</i>		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Vegetación en la ZII	Permanente				Temporal				Total
	Usos múltiples	Pila	Terraplén	Camino	Patio de maniobras	Accesos	Relleno terraplén	Patio de maniobras externo	
Parches de <i>Thalassia testudinum</i>		0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.03
Pastizal de <i>Halodule wrightii</i>		0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
Pastizal mixto		0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00		0.07
Praderas de <i>Thalassia testudinum</i>		0.004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
Terrestre	0.13	0.03	1.30	0.74	0.14	0.36	1.12		3.82
Área verde jardinada		0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00		0.17
Cuerpo de agua intermitente		0.001	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00		0.03
Manglar de <i>C. erectus</i>		0.001	0.00	0.05	0.01	0.06	0.00		0.11
Manglar de <i>C. erectus</i> c/ <i>M. brownei</i>		0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00		0.01
Manglar de <i>R. mangle</i>		0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
Manglar mixto		0.01	0.05	0.14	0.00	0.11	0.00		0.31
Manglar mixto con densidad media		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
Modelado antrópico		0.001	0.65	0.18	0.00	0.01	0.01		0.85
Pastizal con mangle disperso		0.01	0.00	0.35	0.12	0.17	0.00		0.64
Selva mediana con vegetación secundaria	0.13	0.001	0.41	0.02	0.00	0.00	1.11		1.66
Sin vegetación aparente	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
Vegetación secundaria de selva mediana	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00		0.02
Subtotal	0.13	0.12	1.36	0.74	0.14	0.36	1.12	0.00	3.97
Obras fuera de la ZII	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.65	6.65
Total	0.13	0.12	1.36	0.74	0.14	0.36	1.12	0.00	10.62

Fuente: GPPA, con datos de AGEPRO 2021.

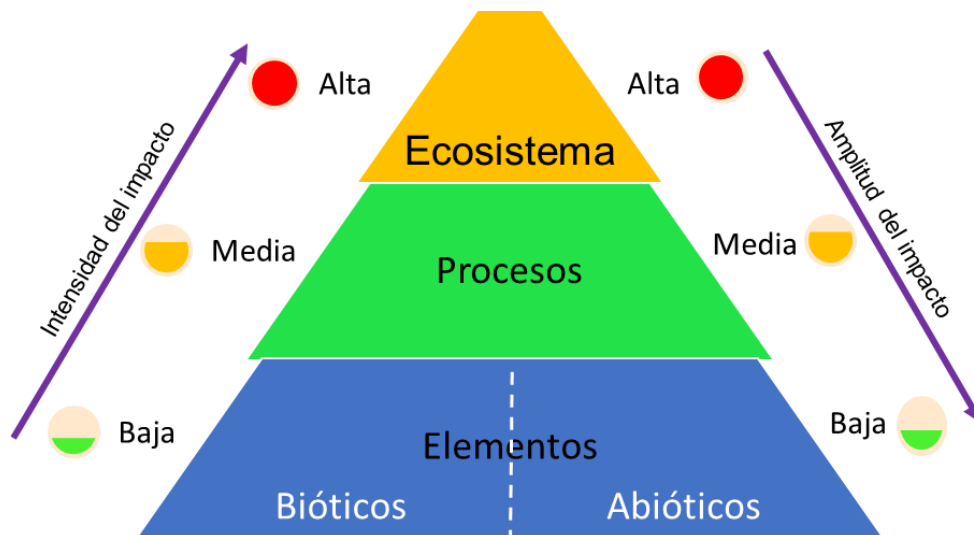
4.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

La caracterización ambiental contempla los siguientes niveles de organización de la información, directamente proporcional con el grado de interacción del proyecto y por lo tanto de los impactos ambientales que podrían producirse (**Figura 4.16**). La finalidad de poner en marcha un proceso constructivo sobre pilas, es buscar que las afectaciones se

produzcan a nivel de individuos o elementos, por su carácter puntual y de corto tiempo y alteren mínimamente o de forma temporal los procesos que ahí se desarrollan, para no alterar la estructura y función de los ecosistemas, que son considerados los impactos de mayor peso:

- **Elementos:** elementos químicos, físicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre (LGEEPA Art. 3º fracción XV).
- **Procesos:** serie ordenada de eventos naturales cuya dinámica y magnitud determinan la funcionalidad de un ecosistema y pueden influenciar las condiciones ambientales locales, regionales o globales (Naeem, S. et al, 1999).
- **Ecosistemas:** unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA Art. 3º fracción XIII).

Figura 4.16. Diagrama del proceso de interacción del Proyecto con el entorno.



Fuente: GPPA

A continuación, se aborda la descripción del entorno en el que se encuentra El Proyecto, haciendo la distinción entre los factores abióticos y bióticos acordes con cada escala de aproximación y la disponibilidad de información pública (**Tabla 4.10**):

- Descripción regional (Península de Yucatán)
- Descripción local (SAR – Sistema Lagunar Nichupté)
- Zona de Influencia Indirecta (Subunidad Norte “a”).

Tabla 4.10. Estructura general del contenido del Capítulo 4 de esta MIA-R.

Contenido		Nivel de extensión territorial del área de estudio	
Delimitación del área de estudio	Fundamento de la delimitación geográfica de los niveles de estudio	Unidades Naturales / Paisajes Geomorfológicos.	Sistema Ambiental Regional
		Unidades naturales de la Subunidad Norte "a"	ZID y ZII del Proyecto
Descripción Ambiental	Caracterización del SAR		
	Aspectos Abióticos	Geología	Región SAR, ZII
		Clima	Región SAR
		Fisiografía	Región SAR
		Hidrología subterránea y superficial	Región SAR, ZII
		Edafología	Región SAR
		Hidrodinámica	SAR
		Caracterización fisicoquímica del agua	SAR, ZII
		Incidencia de radiación solar	ZID
	Aspectos Bióticos	Vegetación terrestre	Unidad hidrológica forestal y ZII
		Fauna terrestre	Unidad hidrológica forestal y ZII
Biota acuática		SAR, ZII	
Aspectos Socioeconómicos	Contexto regional	Municipio Benito Juárez	
Análisis Ambiental	Diagnóstico Ambiental		
	Condición Ambiental	Vegetación	Unidad hidrológica forestal y ZII
		Fauna	
		Paisaje	

Fuente: GPPA, con información de los estudios de LBA e información pública disponible.

4.3.1 Aspectos abióticos

La información a continuación, describe los diferentes componentes del medio abiótico, es información extraída de los estudios hechos de manera particular para el Proyecto, así como de literatura disponible y resultados adicionales generados como parte de la Propuesta no solicitada promovida por la AGEPRO. Los detalles se pueden consultar en los anexos referidos en la **Tabla 4.10**. Los aspectos físicos que se abordan, son los siguientes:

- Clima
- Geología
- Fisiografía
- Geomorfología

- Edafología
- Hidrología
- Hidrodinámica

4.3.1.1. Clima

Debido a su ubicación dentro de la zona intertropical, el estado de Quintana Roo se caracteriza por tener un régimen climático del tipo cálido subhúmedo, característica general de toda la península de Yucatán. Son también factores importantes en el clima las influencias marinas, por su vecindad con las aguas del Mar Caribe y con el Golfo de México, así como la reducida elevación sobre el nivel del mar y la forma plana de su topografía. Otros factores que influyen en el clima de la región, son los ciclones que se manifiestan durante los meses de junio a octubre. La mayor parte de éstos entran por la costa oriental de la península de Yucatán, de allí que es en Quintana Roo donde impactan con mayor fuerza.

A partir de 1964, Enriqueta García adaptó para las condiciones de México la clasificación mundial de Wilhelm Köppen. Esta ha recibido el denominativo de sistema de Köppen modificado por García y ha sido usado oficialmente en el país, cuyos mapas a varias escalas han sido publicados por el INEGI.

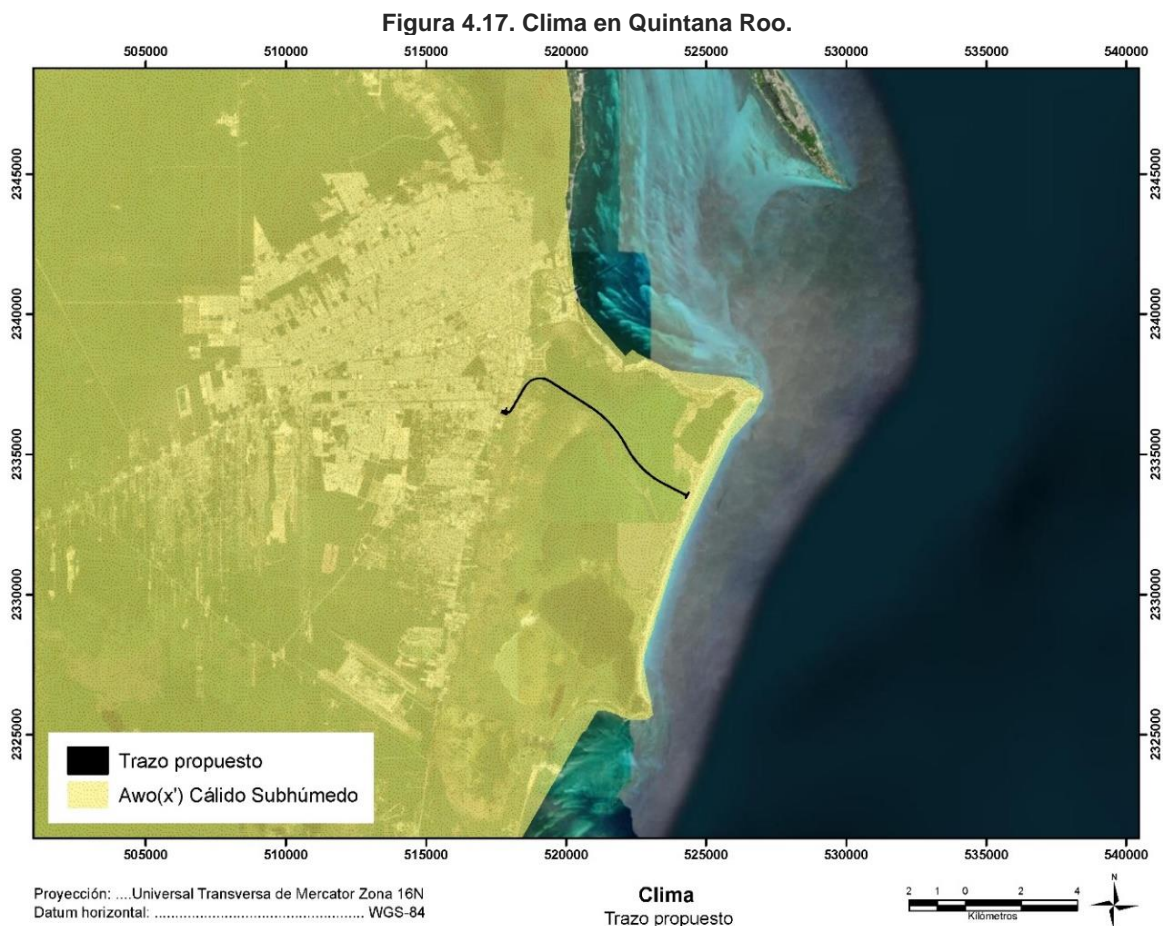
En el extremo Norte del estado de Quintana Roo, entre Puerto Morelos y Chiquilá, y en otras dos pequeñas zonas localizadas al Oeste de Felipe Carrillo Puerto al Oeste de la laguna de Bacalar, se manifiesta el subtipo climático cálido subhúmedo Aw0, que es el más seco de los cálidos subhúmedos con régimen de lluvias de verano, y una temperatura media anual de 26.6 °C, con una variación de la media mensual entre el mes más frío y el más caliente, menor a 5 °C, y tiene un promedio de precipitación anual del 1,287 mm.

El subtipo climático Aw1 de humedad intermedia entre los cálidos subhúmedos, ocupa la mayor extensión del estado, se presenta al Oeste y se prolonga en los estados de Campeche y Yucatán, con una temperatura media anual de 25.5 °C, con poca variabilidad en la diferencia de la temperatura media mensual entre el mes más caliente y el más frío, de 5 °C y 7 °C. La precipitación promedio anual es de 1,224.7 mm. En la franja costera desde Puerto Morelos hasta Xcalak, rige el más húmedo de los cálidos subhúmedos, el subtipo Aw2, con temperatura media anual de 25.8 °C, y una precipitación mensual de 1,288.2 mm. Finalmente, en la isla de Cozumel se presenta el tipo climático Am que

corresponde a los cálidos húmedos con abundantes lluvias en verano; tiene una temperatura media anual de 25.5 °C, y la precipitación promedio anual es de 1,504.3 mm.

La canícula, parte de la época lluviosa (fines de junio o principios de agosto) es un periodo en el que disminuyen las precipitaciones, sólo se manifiesta en áreas pequeñas ubicadas al Suroeste de la laguna de Chichancanab, en las cercanías del margen del río Hondo y en la península de Xcalak.

En el SAR del proyecto, el clima es Aw0(x') cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (**Figura 4.17**).



Fuente: GPPA, con datos de INEGI.

4.3.1.1.1. Datos Climatológicos

Se recopiló la información climatológica de la estación Cancún, ubicada cerca de la zona de proyecto y representativa de las condiciones climáticas. La estación Cancún es la más

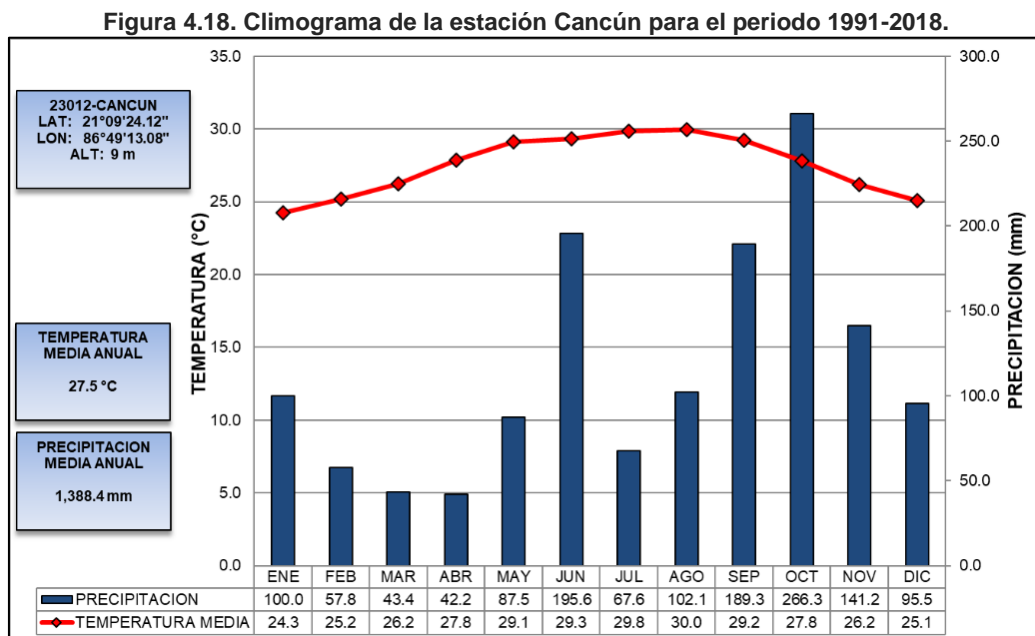
cercana al proyecto; se localiza en las coordenadas 21°09'24.12 de latitud Norte, y 86°49'13.08" de longitud Oeste, a 2.6 km al Norte del sitio de proyecto.

Precipitación

De acuerdo con los datos de la Comisión Nacional del Agua, en esta estación climatológica se registra una precipitación media anual de 1,388.4 mm en el período de 1991 a 2018; la precipitación en la región se encuentra distribuida en todo el año, pero con mayor lámina de lluvia en verano, presentándose las cantidades máximas en los meses de junio, septiembre y octubre, siendo éste último el mes más lluvioso con 266.3 mm; existe un período de lluvias de invierno durante los meses de noviembre, diciembre y enero, con el 24.2% del promedio anual. El estiaje se presenta en los meses de febrero, marzo y abril, con el 10.3% de la lluvia anual.

Temperatura

La temperatura media anual es de 27.5°C, y los meses más cálidos ocurren en el período de mayo a septiembre, cuando se superan los 29°C; la temperatura media máxima se registra en agosto con 30.0°C, mientras que la mínima se registra en enero, con 24.3°C (Figura 4.18).

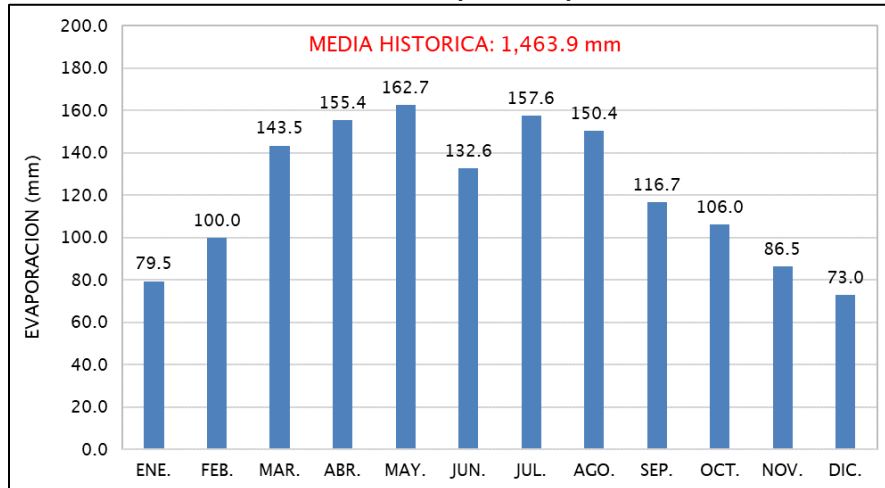


Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021).

Evaporación potencial

La evaporación en la estación Cancún tiene una media anual de 1,463.9 mm. En la **Figura 4.19**, se observa que el valor máximo de evaporación potencial se registra en el mes de mayo, previo al inicio de las lluvias de verano en la región. La evaporación potencial mínima se tiene en los meses de diciembre y enero, cuando la evaporación es menor de los 80.0 mm.

Figura 4.19. Distribución mensual de la evaporación potencial en la estación Cancún.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021).

Evapotranspiración Real

La evaporación es el proceso mediante el cual el agua cambia del estado líquido al gaseoso debida a la radiación solar. Se denomina evapotranspiración a la evaporación procedente de la superficie del agua, el suelo, la nieve, el hielo, la vegetación y de otras superficies, más la transpiración (OMM, Guía de Prácticas Hidrológicas, 1994); se estima que en este proceso del ciclo hidrológico entre el 75 y 90 % de la precipitación total anual que ocurre sobre los continentes retorna a la atmósfera en forma de vapor.

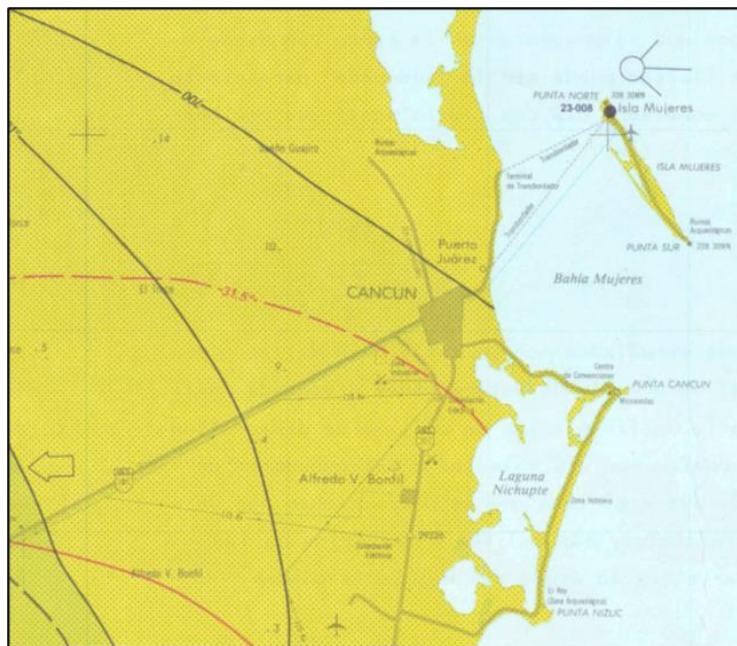
La evapotranspiración está compuesta por la evaporación en superficie junto con la transpiración de las plantas. La evaporación del agua por las plantas se debe a la necesidad de agua que estas tienen para incorporarla a su estructura celular, además de utilizarla como elemento de transporte de alimentos y de eliminación de residuos. Teniendo en cuenta las limitaciones de cada uno de los métodos empíricos, se consideran apropiados

los resultados arrojados por el método de Coutagne (Detalles en el **Anexo 4.2 Caracterización Hidrológica**). La lámina de evapotranspiración es de 918.0 mm.

Vientos dominantes

Considerando la información que reporta el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (1983), en la Carta de Efectos Climáticos Regionales Cancún F16-8, la cual es editada en dos períodos del año; y de acuerdo con la rosa de vientos dominantes superficiales para la estación Isla Mujeres, la más cercana a la zona de proyecto Nichupté, Quintana Roo. Durante el ciclo de mayo a octubre se presentan vientos del Este con mayor frecuencia, seguidos de las direcciones Noreste y Sureste con menor frecuencia. La rosa de los vientos indica que el porcentaje de calma es cero en el período. En el período de mayo a octubre, la dirección del viento regional dominante es al Oeste (**Figura 4.20**).

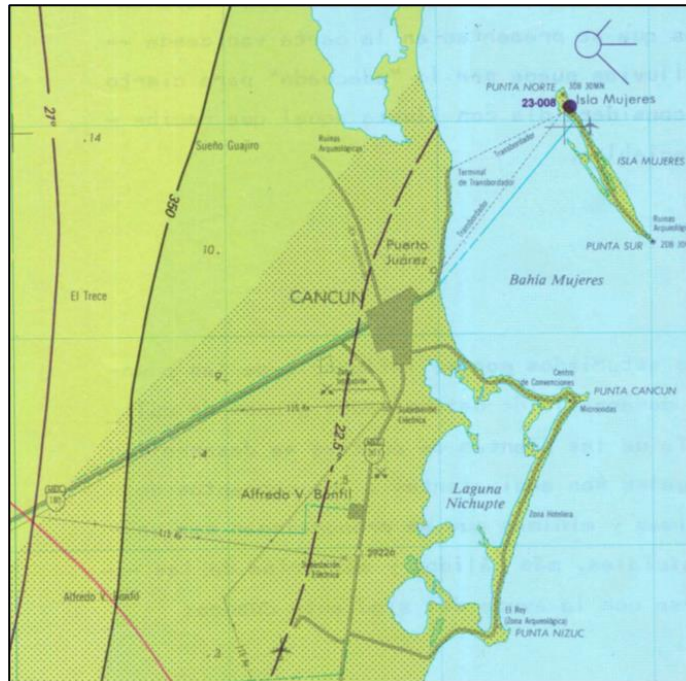
Figura 4.20. Vientos dominantes período mayo-octubre.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021) con datos de INEGI, 1983.

Durante el ciclo de noviembre a abril, se presentan vientos del Sureste con mayor frecuencia, seguidos de las direcciones Este y Noreste con menor frecuencia. La rosa de los vientos indica que el porcentaje de calma es cero en el período (**Figura 4.21**).

Figura 4.21. Vientos dominantes período noviembre-abril.



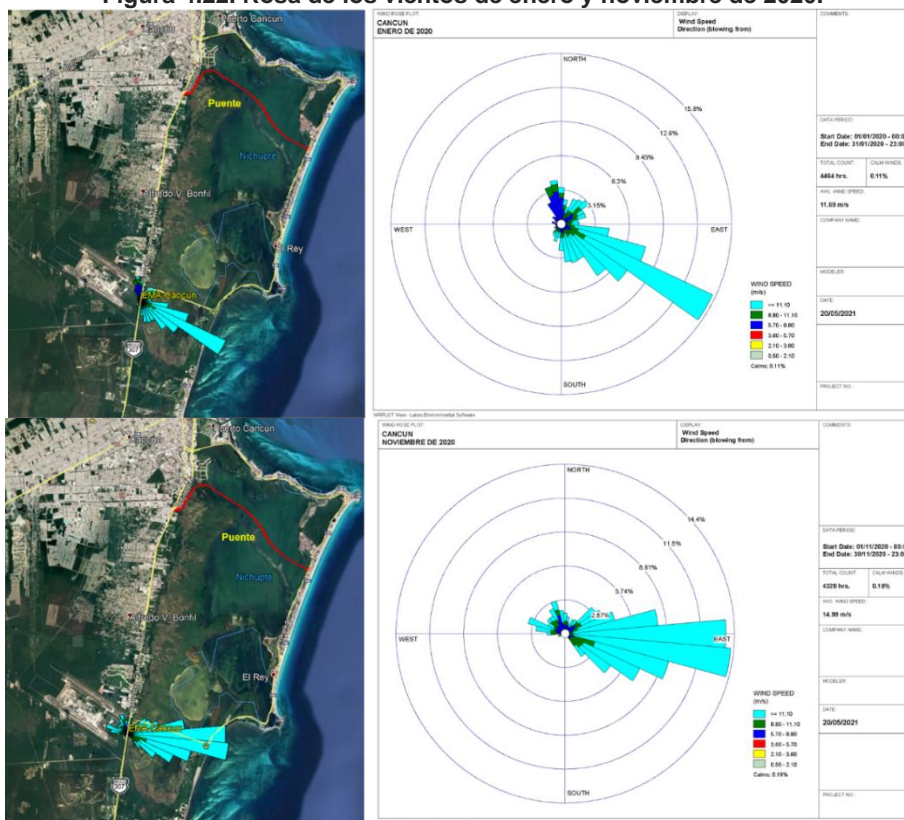
Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021) con datos de INEGI, 1983.

Dirección del viento en la Estación Meteorológica Automática Cancún

Cercana a la zona de Proyecto, en el municipio de Benito Juárez, el Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua, tiene en operación la Estación Meteorológica Automática (EMA) Cancún, ubicada en las coordenadas geográficas 21°01'45.98" de latitud Norte y 86°51'07.0" longitud Oeste; el período de registro en la estación comprende del año 2000 a la fecha.

El valor obtenido en las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA's) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), es el promedio de 10 minutos de la dirección del viento. La dirección indica de donde proviene el viento, su unidad de medición es en grados Dextrorsum (giro en sentido de las manecillas del reloj) donde 0° es Norte verdadero. Teniendo en cuenta los datos del año 2020, en la **Figura 4.22** se presenta la rosa de los vientos de enero y noviembre del 2020, el resto de las gráficas a nivel mensual se presentan en el anexo, los cuales se consideran representativos de la zona de proyecto.

Figura 4.22. Rosa de los vientos de enero y noviembre de 2020.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021), con datos de CONAGUA.

Los resultados del análisis mensual de la rosa de los vientos, se presentan en la **Tabla 4.11**.

Tabla 4.11. Resumen de la rosa de los vientos, año 2020.

Mes	Frecuencia de calma (%)	Velocidad media (m/s)
Enero	0.11	11.69
Febrero	0.00	12.42
Marzo	0.00	13.60
Abril	0.69	13.39
Mayo	0.06	11.12
Junio	0.19	11.51
Julio	0.25	9.15
Agosto	0.65	8.90
Septiembre	0.44	8.44
Octubre	1.03	11.40
Noviembre	0.19	14.99
Diciembre	0.56	11.14

Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021) con datos de CONAGUA.

Humedad Relativa y Absoluta

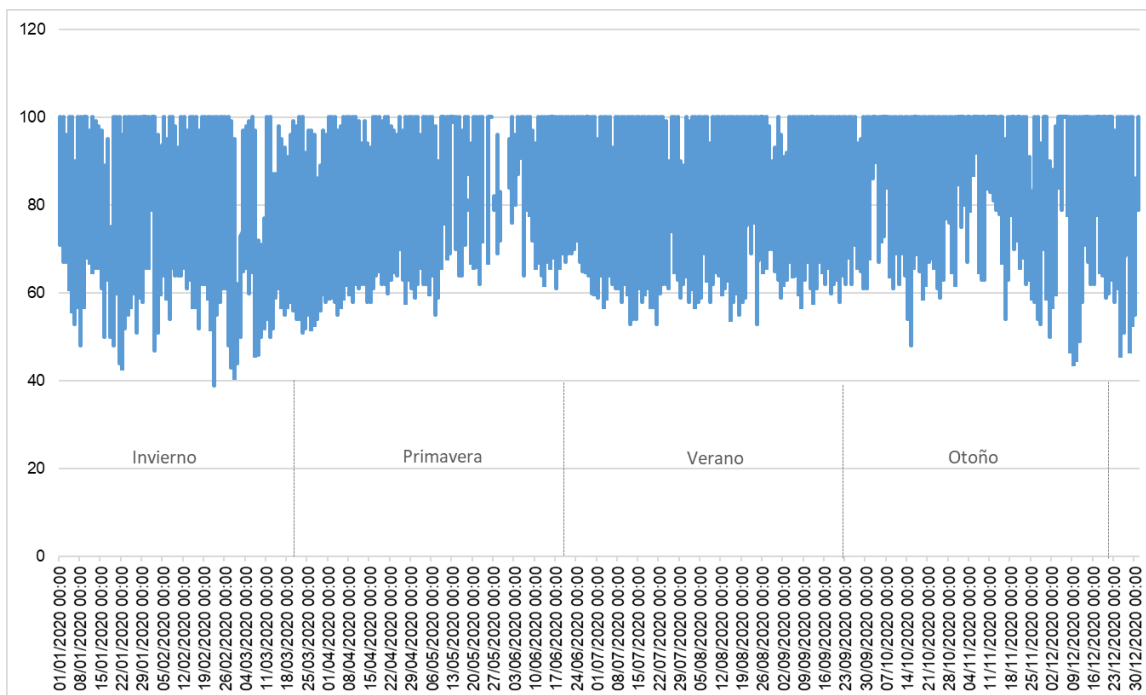
La humedad absoluta es el número de gramos de vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire a una temperatura y presión determinadas. Se expresa en g (de vapor de agua) /m³ (de aire) a una presión y temperatura especificadas.

La humedad relativa es una medida del contenido de humedad del aire y, en esta forma, es útil como indicador de la evaporación, transpiración y probabilidad de lluvia convectiva. No obstante, los valores de humedad relativa tienen la desventaja de que dependen fuertemente de la temperatura del momento. La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene un metro cúbico de aire en unas condiciones determinadas de temperatura y presión y la que tendría si estuviera saturado a la misma temperatura y presión. La humedad relativa de una muestra de aire depende de la temperatura y de la presión a la que se encuentre.

Con datos de la Comisión Nacional del Agua a través de la Estación Meteorológica Automática (EMA) antes mencionada, se reportó que, entre el 1 de enero y 31 de diciembre del año 2020, de acuerdo con las observaciones de esta estación meteorológica, se tiene un promedio de 84.0% en la humedad relativa. En la figura a continuación, se presenta la distribución de la humedad relativa para el período señalado con promedios a cada 10 minutos; la máxima humedad relativa es 100%, mientras que la mínima es de 39%.

En la gráfica de la **Figura 4.23**, es posible apreciar el comportamiento estacional de la humedad relativa, con el 100 % en todo el año como valor máximo y los valores mínimos desde finales del otoño abarcando todo el período invernal.

Figura 4.23. Humedad Relativa en la EMA Cancún. Período enero-diciembre 2020.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021) con datos de CONAGUA.

4.3.1.1.2. **Ciclones que han afectado el estado de Quintana Roo**

La formación de los ciclones en los océanos se ve favorecida cuando la temperatura de la capa superficial de agua supera los 26°C, además de la existencia de una zona de baja presión atmosférica, hacia la cual convergen vientos de todas direcciones. Por sus condiciones de latitud, aunado a las condiciones oceánicas y atmosféricas, el estado de Quintana Roo está expuesto al efecto de los ciclones tropicales del Atlántico.

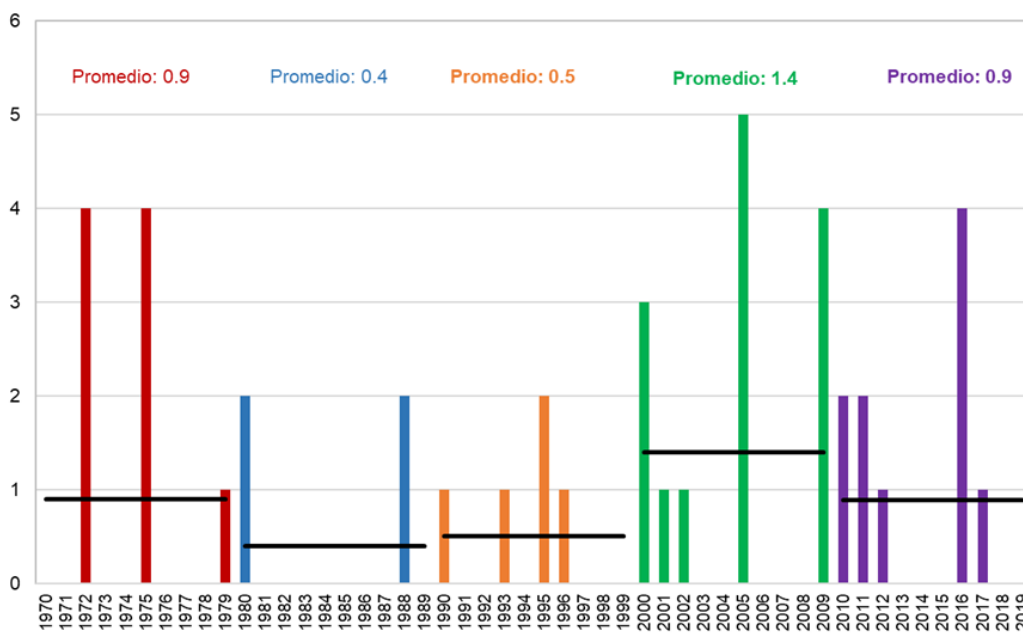
Las condiciones climatológicas durante la temporada de mayo a noviembre, propicia la generación de los ciclones. De acuerdo con la estadística de impacto de ciclones tropicales del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua, Quintana Roo es de los estados con mayor frecuencia de impactos de este tipo.

Según la información del SMN, del total de ciclones tropicales registrados en el Océano Atlántico de 1970 a 2019, 42 de ellos han afectado al estado de Quintana Roo (la tabla con el registro de los 42 eventos se puede consultar en el anexo 4.2).

Como datos relevantes con respecto a este apartado, en el anexo referido, se señala que, del análisis de la información para los últimos 50 años se deduce que hay un aumento en la frecuencia de huracanes (**Figura 4.24**):

- a) Durante los años 1970 a 1979, se tiene un total de 9 ciclones para un promedio de 0.9 eventos por año.
- b) De 1980 a 1989 es de 4 ciclones con un promedio de 0.4 eventos por año.
- c) De los años 1990 a 1999 se tuvieron 5 ciclones para un promedio de 0.5 eventos por año.
- d) De 2000 a 2009, el número de eventos se ha incrementado a 14 ciclones tropicales, para obtener un promedio de 1.4 por año.
- e) En el período de 2010 a 2019 impactaron 10 ciclones para un promedio de 0.9 durante los últimos 9 años.

Figura 4.24. Fenómenos meteorológicos que han afectado el estado de Quintana Roo (1970-2019).

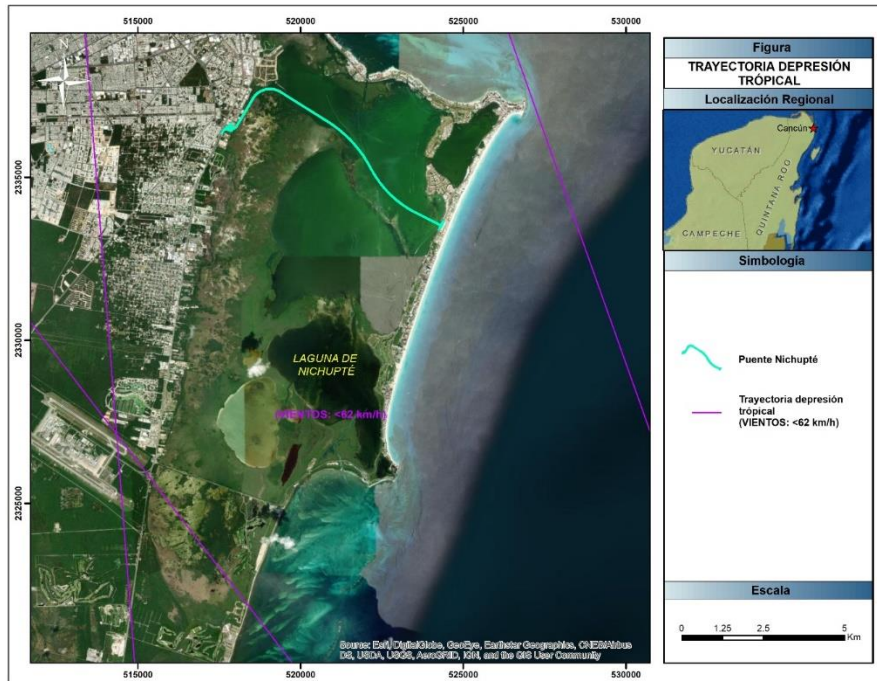


Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021), con datos del SMN, 2019.

Fenómenos meteorológicos próximos a la zona del Proyecto

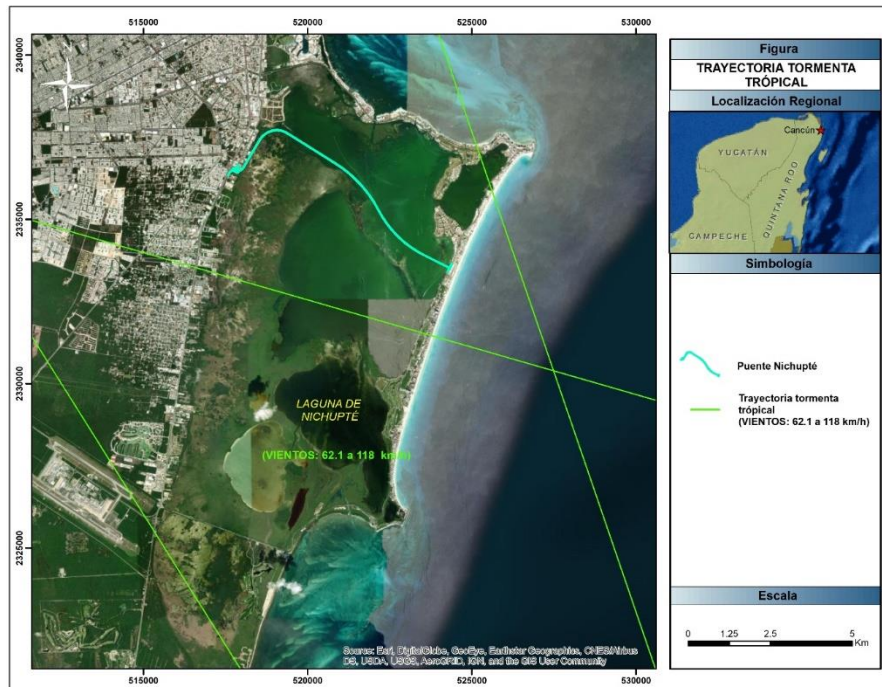
De acuerdo con la información de CENAPRED, la trayectoria de la depresión tropical en el área de estudio (**Figura 4.25**), la más cercana se presenta a una distancia de 5 km aproximadamente cruzando por la parte este y oeste del trazo del puente; por otra parte, las trayectorias de las tormentas tropicales (**Figura 4.26**) se han presentado a distancias de 2.5 km, en la parte sur y este del trazo del puente.

Figura 4.25. Trayectoria depresión tropical.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021) con datos de CENAPRED).

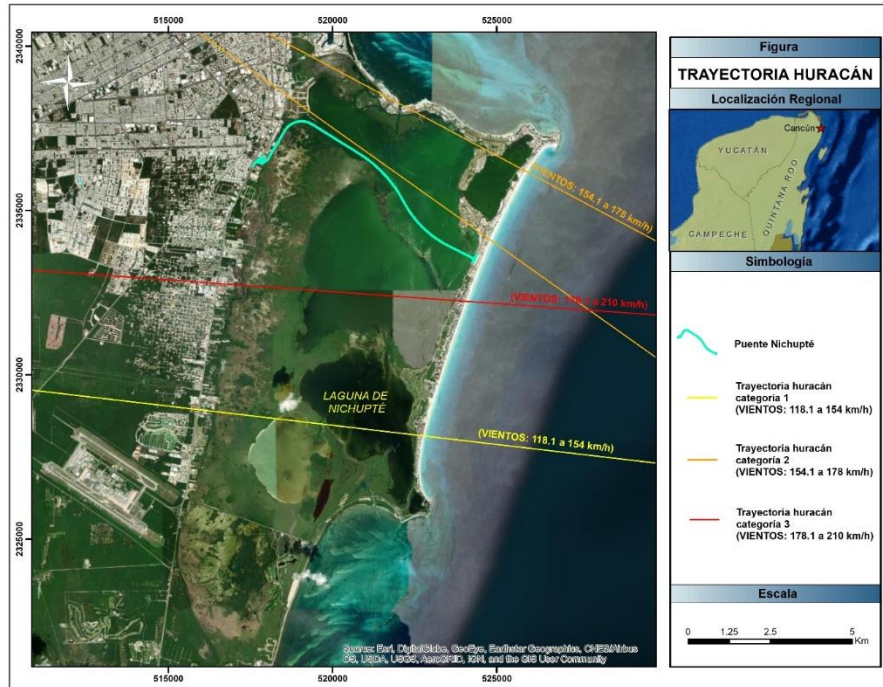
Figura 4.26. Trayectoria tormenta tropical.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021) con datos de CENAPRED).

Finalmente, la trayectoria de los huracanes que han atravesado el SAR, se observan en la **Figura 4.27**, donde la trayectoria de un huracán categoría 2 y 3, han cruzado muy cerca del trazo del puente, la trayectoria del huracán categoría 2 se presentó a 100 m al norte del trazo del puente y el huracán categoría 3, cruzo a 1.2 km al norte del trazo, por lo cual hay que considerar los vientos de 154.1 a 178 km/h del huracán categoría 2 y de 178.1 a 240 km/h del huracán categoría 3, que puede afectar la estructura del puente.

Figura 4.27. Trayectoria huracanes.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021) con datos de CENAPRED).

4.3.1.1.3. Programa Nacional Contra Contingencias Hidráulicas (PRONACCH)

El PRONACCH es una política pública del Gobierno Federal cuyo objetivo es la reducción del riesgo por inundación y protección a los asentamientos humanos vulnerables ante eventos hidrometeorológicos.

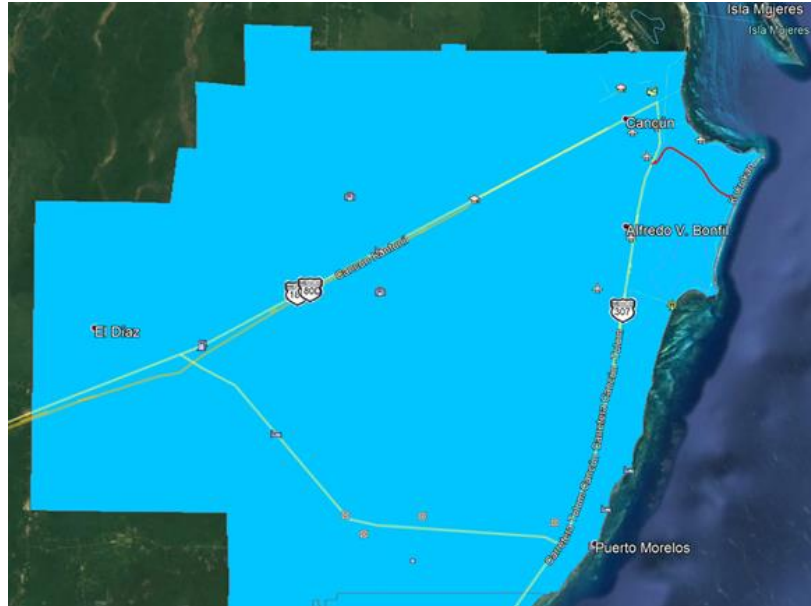
Se busca reducir el daño causado por desastres naturales, crear estrategias basadas en un manejo integral de inundaciones y resiliencia ante inundaciones. Las principales acciones relacionadas con el programa son:

- Atlas Nacional de Riesgo por Inundación.
- Programas contra contingencias hidráulicas.

- Determinación de Zonas Federales.
- Pronóstico Hidrológico.

De acuerdo con las inundaciones históricas del período de 1960 a 2010 del PRONACCH, en el estado de Quintana Roo se han registrado inundaciones mostradas en la **Figura 4.28** lo que indica que el SAR del Proyecto se encuentra en una zona inundable.

Figura 4.28. Inundaciones históricas del período de 1960 a 2010 del PRONACCH.

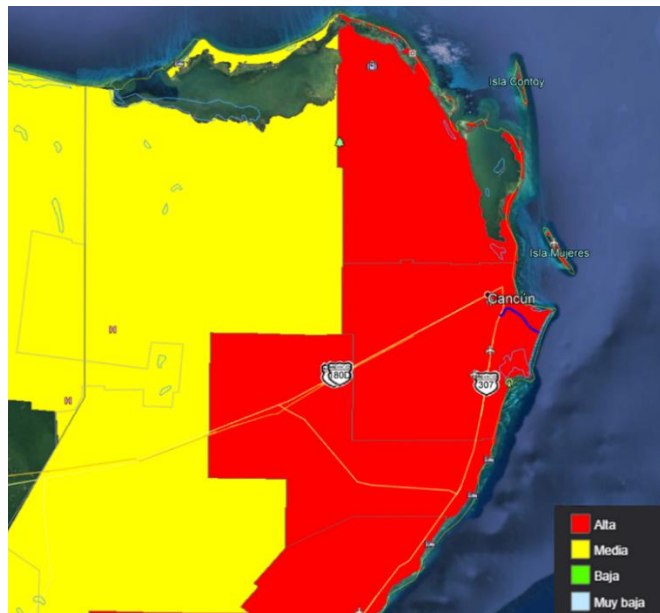


Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021), con datos de PRONACCH).

Índice de vulnerabilidad de inundación, Centro Nacional de Prevención de Desastres (2017)

De acuerdo con los indicadores del índice de vulnerabilidad de Inundación (CENAPRED, 2017), la porción Noreste de estado de Quintana Roo cuenta con índices de vulnerabilidad Media y Alta; en la **Figura 4.29**, se observa que la zona de Proyecto muestra una vulnerabilidad de inundación Alta.

Figura 4.29. Índice de vulnerabilidad de inundación.

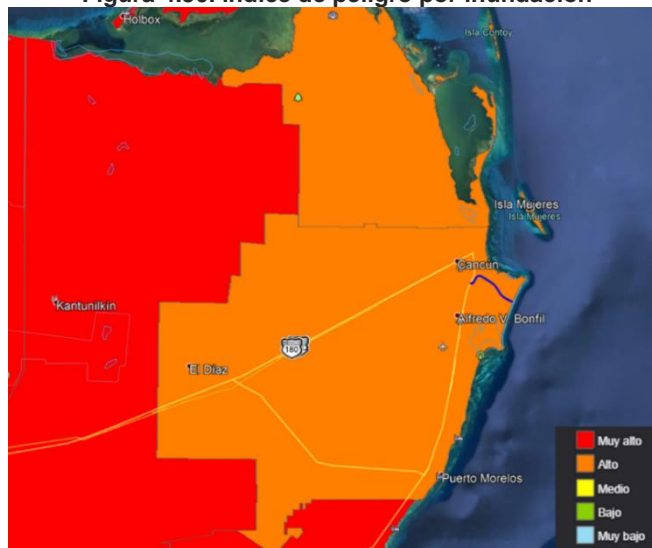


Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021), con datos de CENAPRED, 2017).

Índice de peligro por inundación, Centro Nacional de Prevención de Desastres (2016)

De acuerdo con los indicadores del índice de peligro por Inundación (CENAPRED, 2016), el estado de Quintana Roo cuenta con diferentes índices de peligro; en la **Figura 4.30**, se observa que la zona del proyecto del puente se encuentra con una un índice de peligro de inundación Alto.

Figura 4.30. Índice de peligro por inundación

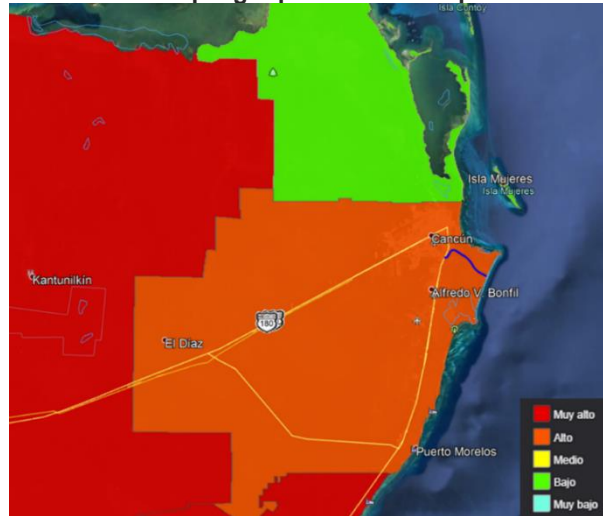


Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021), con datos de CENAPRED, 2016).

Grado de peligro por ciclones tropicales hasta el año 2015

Considerando la información del CEPARED, el grado de peligro por ciclones tropicales hasta el 2015 indica que, en la zona del proyecto, el grado de peligro es Alto (**Figura 4.31**).

Figura 4.31. Grado de peligro por ciclones tropicales al año 2015.

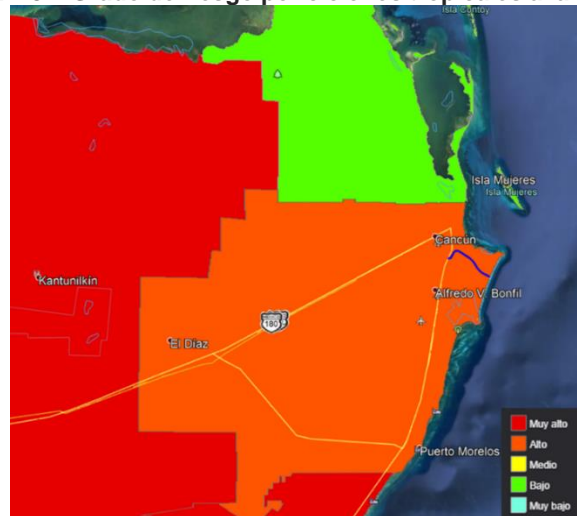


Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021), con datos de CENAPRED, 2015).

Grado de riesgo por ciclones tropicales hasta el año 2015

De acuerdo con la información del CEPARED hasta el año 2015, el grado de riesgo por ciclones tropicales indica que, en la zona del proyecto del puente, el grado de riesgo es Alto (**Figura 4.32**).

Figura 4.32. Grado de riesgo por ciclones tropicales al año 2015.

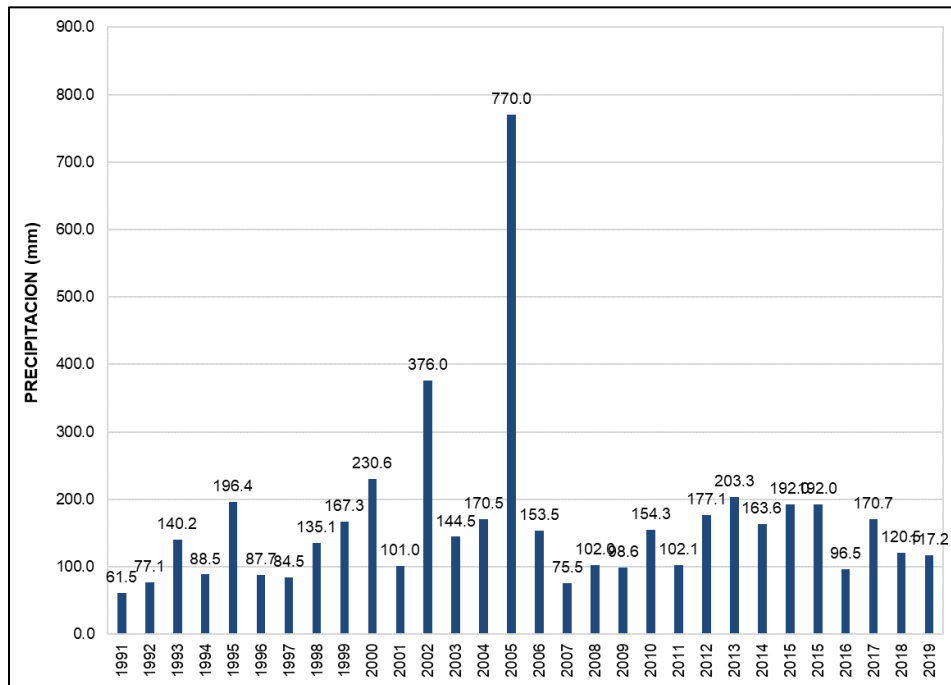


Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021), con datos de CENAPRED, 2015).

4.3.1.1.4. Análisis estadístico de precipitaciones máximas en 24 horas

Con el propósito de analizar la ocurrencia de la lluvia en el SAR del Proyecto, se realizó el análisis correspondiente con diferentes períodos de retorno, utilizando la serie de datos de precipitaciones máximas en 24 horas registradas en la estación climatológica Cancún (23155), operado por la Comisión Nacional del Agua, con datos del período de 1991 a 2019 (30 años), como se aprecia en la **Figura 4.33**. La precipitación máxima en 24 horas se registró el día 21 de octubre de 2005, con un valor de 770 mm.

Figura 4.33. Precipitaciones máximas en 24 horas, estación Cancún (23155).



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

Con esta información, se llevó a cabo un análisis probabilístico para diferentes períodos de retorno (T_r), desde 2 hasta 10,000 años. En la **Tabla 4.12**, se presenta un resumen de los valores de precipitación obtenidos para los diferentes T_r analizados.

Tabla 4.12. Precipitaciones asociadas a diferentes períodos de retorno (T_r).

Período de retorno (años)	Dato calculado (mm)
2	128.4
5	191.9
10	317.8
25	530.1
50	672.4

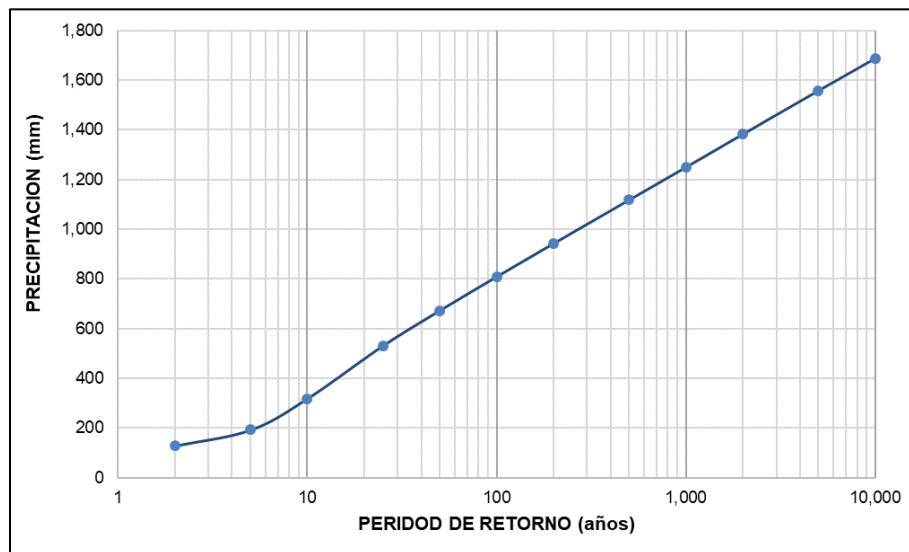
Período de retorno (años)	Dato calculado (mm)
100	808.9
200	942.7
500	1,117.6
1,000	1,249.6
2,000	1,382.6
5,000	1,557.2
10,000	1,687.1

Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021).

Con el propósito de establecer un comparativo con las lluvias de diseño que comúnmente solicita la Comisión Nacional del Agua para diversas obras, la tormenta de diseño para la delimitación de las zonas federales de los cauces se encuentra entre 5 y 10 años de períodos de retorno, con lo que la precipitación varía entre 317.8 mm para los resultados de la tabla antes referida.

Para 100 años de período de retorno, muy utilizado en el diseño de puentes y obras de protección y encauzamiento, la lluvia de diseño es de 808.9 mm. Para el diseño de presas es frecuente utilizar el período de retorno de 10,000 años, y en este caso la precipitación es de 1,687.1 mm (**Figura 4.34**).

Figura 4.34. Precipitaciones máximas en 24 horas.



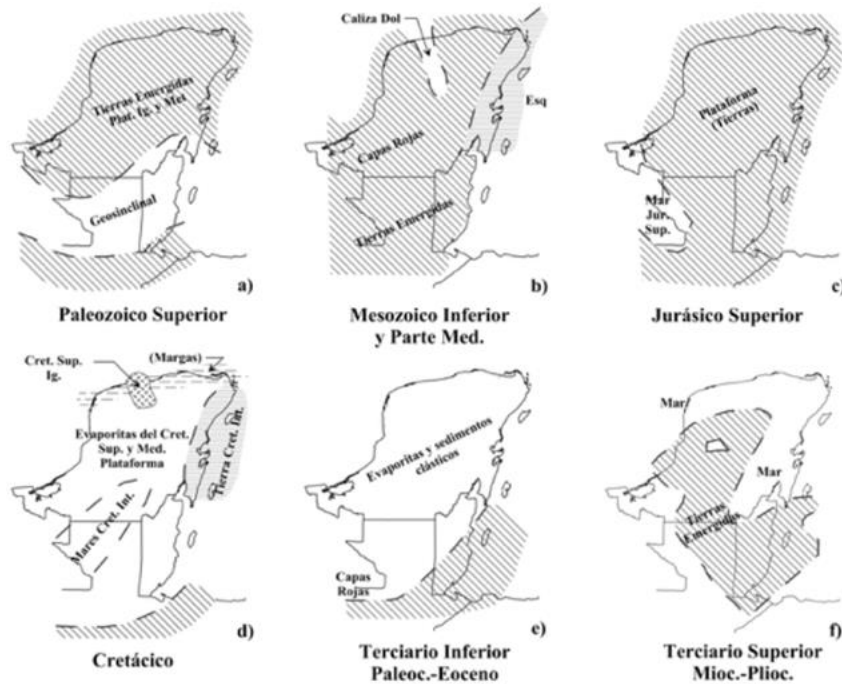
Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021).

4.3.1.2. Geología

4.3.1.2.1. Geología regional

La Península de Yucatán está conformada por una plataforma carbonatada de sedimentos mesozoicos y cenozoicos originada por los fondos oceánicos sobre un basamento paleozoico (Lugo et al., 1973, 1992). Como consecuencia de las variaciones del nivel del mar y de las zonas emergidas y sumergidas durante esos procesos (**Figura 4.35**), se presentan dos subsistemas geológicos principales, en el centro y sureste de la península rocas plegadas oligocénicas y en el norte y oriente planicies de rocas y sedimentos neogénicos.

Figura 4.35. Paleografía de la Península de Yucatán, las zonas sombreadas corresponden a las tierras emergidas y las no sombreadas a las zonas marinas en cada periodo referido.



Esta plataforma emergió del mar debido a un continuo movimiento ascendente, que fue lentamente dejando al descubierto el fondo marino con dirección hacia el Norte, esta emersión se efectúa actualmente a un ritmo de dos a tres centímetros por año (**Figura 4.36**), lo que significa que la edad geológica del material tiende a aumentar hacia el Sur (INEGI, 2005).

Figura 4.36. Geología de la Península de Yucatán.



Fuente: (Instituto de Geografía, 1990)

El estrato con la roca más profunda que se ha perforado indica que el nivel base fue depositado en el Paleozoico, hace aproximadamente 250-500 millones de años. Los estratos superficiales fueron depositados más recientemente, teniendo rocas del Eoceno en el centro de la Península (de hace 34 a 56 millones de años) rodeada por roca del Pleistoceno y Mioceno (de hace 1.8 a 23 millones de años) y en las costas de la Península rocas del Pleistoceno (de hace 1.8 millones a 11,500 años) y rocas del Holoceno (de hace 11,500 años) (Donna & Simon Richards, 2007). La península de Yucatán está compuesta por calizas, dolomitas y evaporitas que alcanzan un espesor de más de 1500 m (Weide, 1985).

Los afloramientos más importantes dentro de esta porción de México están dominados por unidades cenozoicas, entre las que destacan las siguientes formaciones con edades del Paleoceno al Plioceno mencionadas por Lemus-Bustos (2005):

- Formación Icaiché (Paleoceno): constituida por carbonatos y evaporitas lagunares depositadas sobre una superficie irregular de rocas del cretácico superior erosionadas que indican un hiatus estratigráfico entre el Cretácico y el Terciario que ha sido interpretado como consecuencia de la disminución del nivel del mar.
- Formación Chichen Itzá (Eoceno): consiste de una caliza masiva fosilífera, la cual es sub-dividida de la base a la cima en tres miembros: Xcabal, Piste y Chumbec.
- Formación Carrillo Puerto (Mioceno-Plioceno): dominada por afloramientos de caliza fosilífera, caliza arcillosa y marga, la cual en algunas localidades descansa discordantemente sobre la Formación Chichén Itzá por el no depósito del Oligoceno.

4.3.1.2.2. Geología en el SAR y ZII del Proyecto

De acuerdo con la carta geológica de Cancún F16-8 obtenida del Servicio Geológico Mexicano, que comprende el municipio Benito Juárez (Cancún), esta zona se caracteriza por ser una gran planicie con lomeríos de pendiente suave y poca altitud comprendida dentro de la provincia fisiográfica Plataforma de Yucatán.

Estratigráficamente se encuentra dentro de la provincia geológica denominada Plataforma de Yucatán, que comprende un paquete de rocas carbonatadas, que abarcan desde el Cretácico hasta el Reciente.

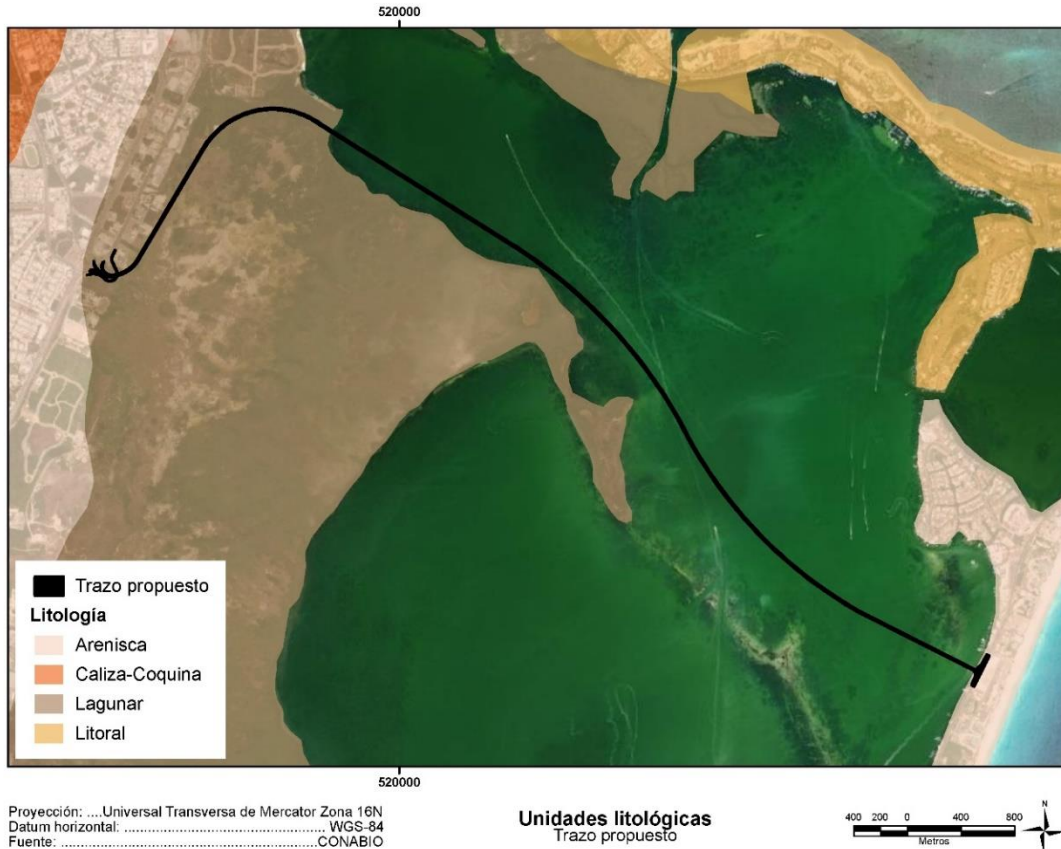
En la zona de estudio se presentan depósitos cuaternarios de arenisca poco consolidada, constituida principalmente por fragmentos de gasterópodos, pelecípidos, ostras y calcita de edad Pleistoceno (Qpt(?) Ar), estos se observan enfrente de la costa desde Punta Cancún hasta Punta Nizuc, en la parte este del trazo del puente se presentan estas rocas.

Depósitos lacustres (Qhola) constituidos por arcilla, lodo calcáreo, arena y limo de color negro con alto contenido de materia orgánica, se observan principalmente en los alrededores de pequeños lagos.

Depósitos palustres (Qhopa), formados por limos y arcillas mezclados con materia orgánica, estos depósitos se observan en la parte oeste del trazo del Puente, donde existe una zona de inundación.

Depósitos de litoral (Qholi), constituidos por arena blanca, compuesta principalmente de fragmentos subredondeados de ostras, bivalvos y gasterópodos, se observan en la zona litoral al norte y sur de la laguna (**Figura 4.37, Figura 4.38 y Figura 4.39**).

Figura 4.37. Geología en la ZII del Proyecto.



Fuente: GPPA con datos de CONABIO.

Figura 4.38. Afloramientos de roca (Qpt) parcialmente cubiertos por vegetación en la parte este del trazo del puente.



Fuente: (Informe de caracterización hidrogeológica, 2021).

Figura 4.39. Afloramientos de roca en la parte oeste del trazo del puente.



Fuente: (Informe de caracterización hidrogeológica, 2021).

4.3.1.3. Geología - Prospección geofísica en la ZII del Proyecto

Con el propósito de caracterizar y evaluar el sistema hidrogeológico subterráneo, así como identificar zonas con posibilidades de saturación en el medio geológico, se llevó a cabo el estudio de resistividad eléctrica utilizando la técnica de sondeo Transitorio Electromagnético en Dominio del Tiempo (TEM).

Los métodos geofísicos ofrecen la posibilidad de inferir condiciones geológicas a partir del conocimiento de los valores de resistividad del subsuelo, sin embargo, tales asociaciones e inferencias están basadas en datos publicados, tablas, experiencia y el conocimiento previo del área. Las inferencias aquí planteadas están sujetas a verificación mediante la exploración directa.

Este estudio ofrece como resultado cuantitativo únicamente valores de resistividad del subsuelo, por lo que no es posible obtener valores de otros parámetros tales como calidad de agua, porosidad de la roca, o contenido mineralógico.

Con el método electromagnético (TEM) se pretende mostrar una distribución del subsuelo en términos de homogeneidad basados en la caracterización resistiva. Debido a la gran resolución vertical que se obtiene con esta técnica, es posible obtener una imagen lo más real posible de las condiciones del subsuelo. En las secciones del subsuelo es posible observar las heterogeneidades (zonas anómalas) debidas a estructuras geológicas, cambios de facies y fracturamiento de la roca, donde además la presencia del agua influye en el valor medido, provocando cambios importantes en la resistividad (que es el parámetro experimental de campo que se mide).

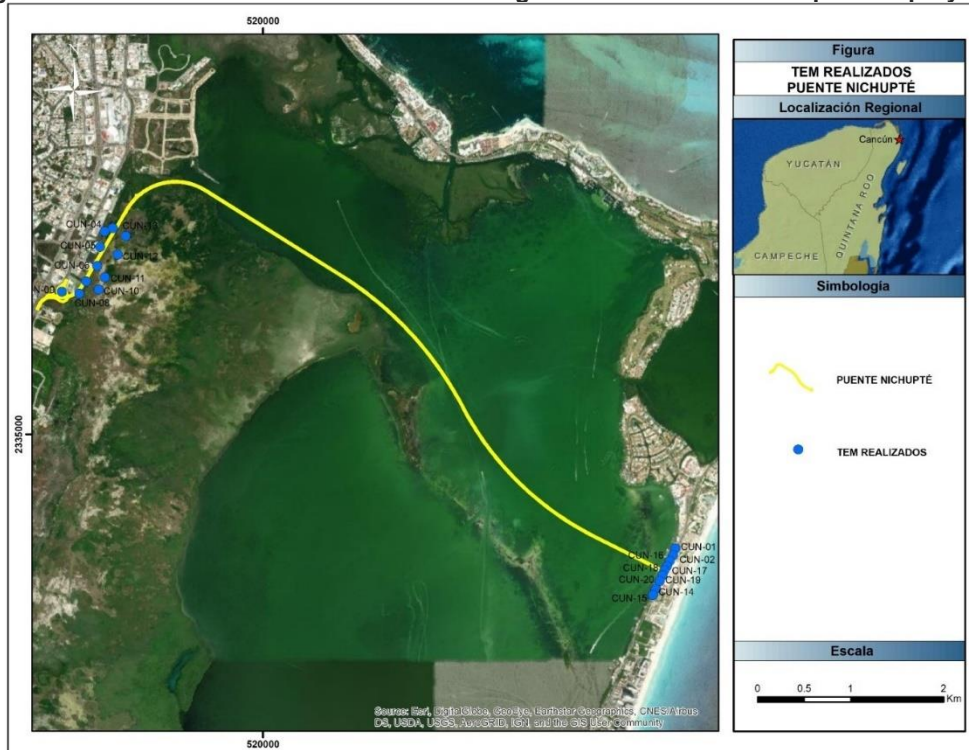
Con la interpretación anterior y la integración de la litología se podrá obtener:

- La geometría de los patrones estructurales.
- Elaboración de perfiles hidrogeológicos y modelos 3D.
- Ubicación de sitios para la construcción de pozos de recuperación.

Como parte de este estudio se ejecutaron en campo un total de 20 sondeos electromagnéticos, referenciados con un equipo GPS marca GARMIN, con una separación de 100 a 200 m entre sondeos para lograr el mayor detalle y alcanzar una profundidad teórica de 100 m (**Figura 4.40**). En la parte oeste se realizaron 11 TEM's (**Figura 4.41**) y en la parte este 9 TEM's (**Figura 4.42**).

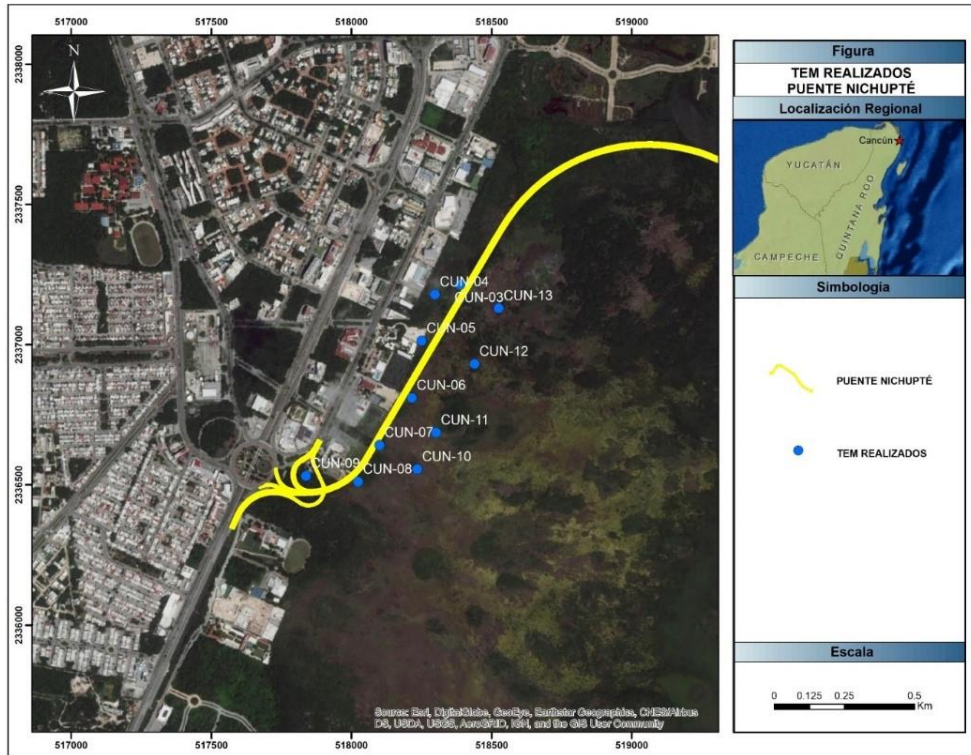
En el **Anexo 4.4 Prospección geofísica**, se pueden consultar los detalles del estudio.

Figura 4.40. Localización de sondeos electromagnéticos hacia los entronques del proyecto.



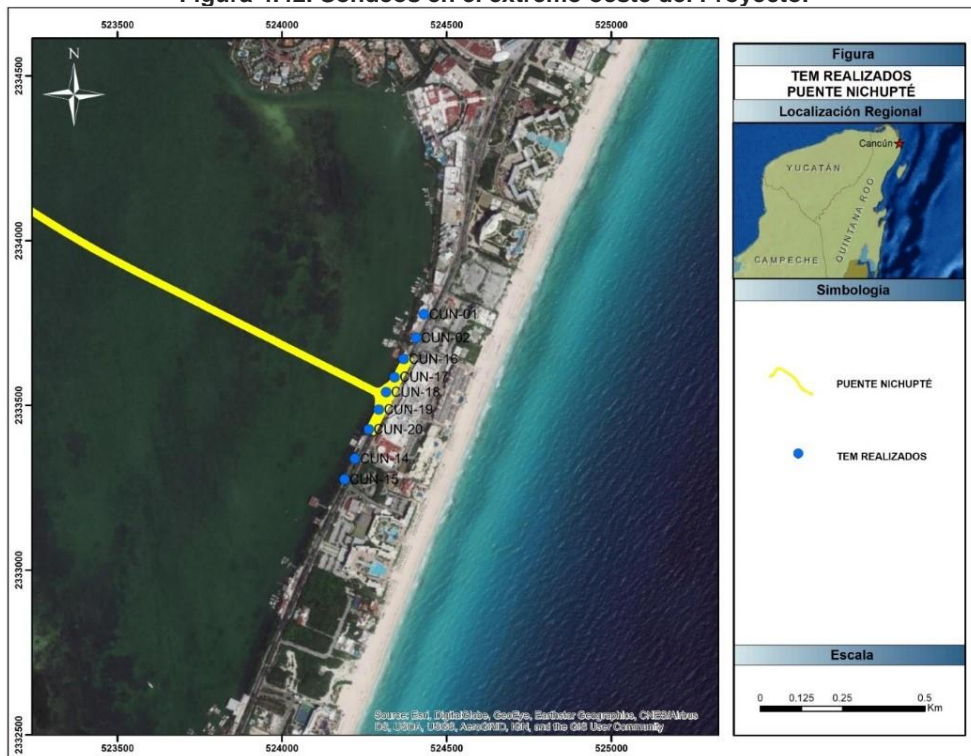
Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021).

Figura 4.41. Sondeos en el extremo oeste del Proyecto.



Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021).

Figura 4.42. Sondeos en el extremo oeste del Proyecto.

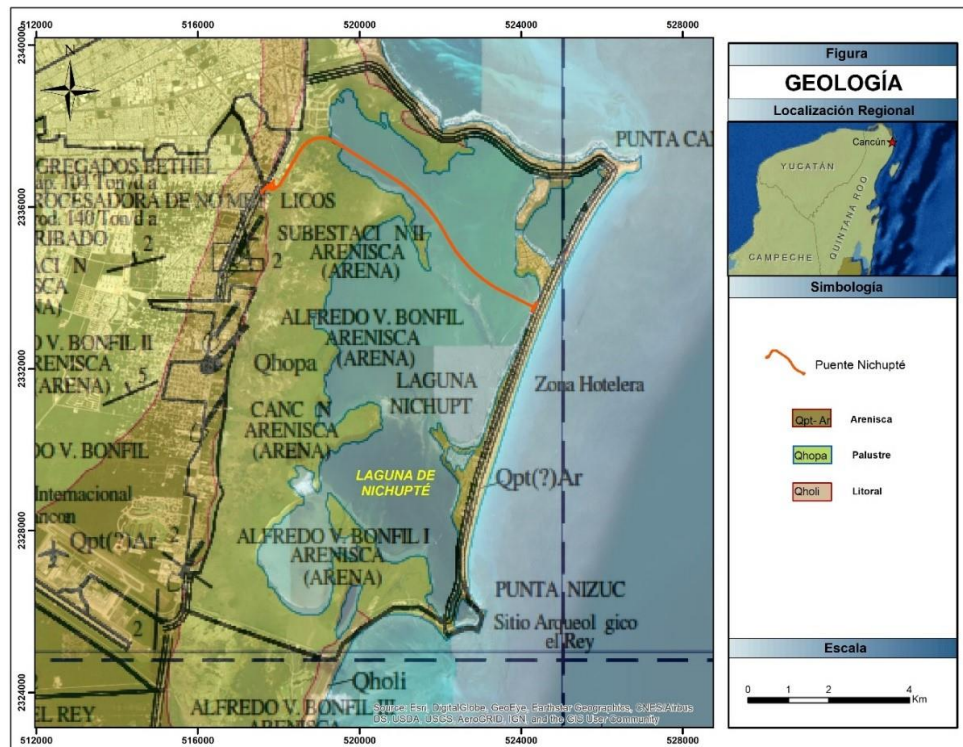


Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021).

4.3.1.3.1. Modelación de secciones geológicas-geofísicas

De acuerdo con la carta geológica de Cancún F16-8 obtenida del Servicio Geológico Mexicano; la unidad más antigua expuesta en el área de estudio corresponde a la Formación Carrillo Puerto (Tmpl Cz-Cq), constituida por una secuencia de caliza y coquina de edad Mioceno-Plioceno. Cubriendo a la unidad anterior se presentan depósitos cuaternarios de arenisca poco consolidada constituida principalmente por fragmentos de gasterópodos, pelecípidos, ostras y calcita de edad Pleistoceno (Qpt(?) Ar). Depósitos lacustres (Qhola) constituidos por arcilla, lodo calcáreo, arena y limo de color negro con alto contenido de materia orgánica. Depósitos palustres (Qhopa), formados por limos y arcillas mezclados con materia orgánica, se observan en áreas aisladas. Depósitos de litoral (Qholi), constituidos por arena blanca, compuesta principalmente de fragmentos subredondeados de ostras, bivalvos y gasterópodos (**Figura 4.43**).

Figura 4.43. Mapa geológico local.



Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021), con información del SGM.

Así mismo para la calibración de los perfiles, se apoyó en 2 barrenos (S-1 y S-2) realizados por Geotecnia S.C, en enero de 2021, del estudio de “Exploración del subsuelo en las zonas de entronque en tierra del puente Nichupté”.

Lo que el desarrollo e interpretación de los TEM ofrece como resultado cuantitativo únicamente son valores de resistividad del subsuelo y no es posible obtener valores de otros parámetros tales como porosidad de la roca o contenido mineralógico; aun así, se pueden realizar inferencias y modelos de ciertas condiciones geológicas y calidad de agua

La interrupción en la alta resistividad puede ser producto de la presencia de una discontinuidad por la cual ha podido circular agua y ha disuelto parte del material, dejando incluso depósitos arcillosos en las juntas lo que hace disminuir la resistividad y definir así la presencia de la estructura.

El sondeo S-1, se perforó en la parte oeste del trazo del túnel, la litología en los primeros 0.95 m. corresponde a un suelo residual arenoso, posteriormente hasta los 19.10 m corresponde a una roca caliza arrecifal (**Tabla 4.13**).

Tabla 4.13. Descripción litológica del sondeo S1.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0 a 0.95	Suelo residual arenoso con gravas y abundante materia orgánica de consistencia dura.
0.95 a 7.85	Roca caliza arrecifal meteorizada con estructuras de disolución (cavidades) menores a 3 cm de longitud, y fragmentos de caliza entre 1 a 6 cm
7.85 a 13.10	Gravas con tamaños de 0.5 a 2 cm de diámetro, arenas medias a gruesas y limos, cabe mencionar que en 2 tramos de 1m aproximadamente no se recuperó muestra.
13.10 a 16.10	Caliza arrecifal meteorizada con estructuras de disolución (cavidades) de entre 1 a 6 cm de largo, del que por las condiciones de meteorización y de las oquedades existentes se recuperaron solo
16.10 a 19.10	Fragmentos de roca caliza entre 1 a 4 cm de diámetro

Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021).

El sondeo S-2, se perforó en la parte este del trazo, a una profundidad de 18.85 m, los primeros 1.80 m corresponden a un material arcilloso poco compacto asociado con relleno y suelo residual, de 1.80 a 18.85 m se presenta una arena fina a media con limo y carbonatos (**Tabla 4.14**).

Tabla 4.14. Descripción litológica del sondeo S2.

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0 a 1.80	Material arcilloso poco compacto asociado con relleno y suelo residual





1.80 a 9.25	Arena fina con limo de tono blanquecino de consistencia dura, de 9 a 9.25 m, se presenta una arena fina a media con poca arena gruesa con limo y carbonatos, material de tono blanquecino.
9.25 a 18.85	Arena fina a media con limo y carbonatos, material de tono blanquecino

Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021).

Secciones geofísicas en el entronque oeste

La distribución de resistividades obtenidas en el subsuelo, permitieron identificar un total de 4 unidades resistivas, una de las cuales presentó rangos de variación internos, por lo que a su vez se delimitaron varias divisiones dentro de ésta (**Figura 4.44**).

Figura 4.44. Unidades resistivas zona oeste.

TABLA DE RESISTIVIDAD		
UNIDAD	INTERVALO RESISTIVO	INTEPRETACIÓN GENÉRICA
U1	VARIABLE	Relleno superficial, suelo y materiales no saturados
U2	 10 a 25	Constituida predominantemente por gravas y arenas medias
U3	 < 2	Zona de Intrusión marina
U4	(a)  2 a 10	Roca Carbonatada con disolución.
	(b)  10 a 30	Roca Carbonatada Caliza Arrecifal
Nota: Se presenta una asociación litológica general que considera la relación típica entre la resistividad, tipo de fracturamiento en la roca y los materiales granulares. Puede presentarse excepciones.		

Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021).

Unidad 1 (U1), representa las resistividades más sub-superficiales en la mayoría de los perfiles, tiene un espesor variable y sus rangos de resistividad van desde los 20 $\Omega \cdot m$ hasta mayores de 140 $\Omega \cdot m$. Representa unidades de suelo y sedimentos de granulometría muy variada, generalmente no consolidados ni saturados; localmente se presentan cuerpos con concentraciones de resistividades mayores a los 100 $\Omega \cdot m$, los cuales eventualmente corresponden a canales activos y/o inactivos.

Unidad 2 (U2), con un rango de resistividad entre los 10 y 25 $\Omega \cdot m$, se propone que esta unidad resistiva identifica sedimentos no consolidados predominantemente gravas y arenas que se extienden lateralmente en el subsuelo a lo largo de la porción costera.

Unidad 3 (U3), es una unidad que presenta resistividades menores a los 2 $\Omega \cdot m$ que se presentan en la porción basal de la Unidad U2, y representa sedimentos no consolidados de una granulometría fina dominados por limos y arcillas. Eventualmente valores menores a 1 $\Omega \cdot m$ pudieran corresponder a zonas con presencia de agua salada.

Unidad U4, está representada por resistividades que se incrementan a profundidad por debajo de la unidad U3, generalmente entre 15 y 40 Ω^*m , y se asocia a la unidad carbonatada terciaria que se tiene aforando ampliamente en la región. Esta unidad fue dividida en 2 sub-unidades.

- **Sub-unidad U4a:** presenta resistividades menores a los 10 Ω^*m que se identifican en la mayoría de los perfiles infrayaciendo a la unidad U3; se asocia a una porción de la unidad carbonatada afectada por la disolución.
- **Sub-unidad U4b:** Son valores resistivos entre 10 a 30 Ω^*m a mayor profundidad que la unidad U2, representando a la secuencia carbonatada más compacta

Con la información procesada de los 11 sondeos (TEM'S), es posible obtener los valores de resistividad del subsuelo. Una vez integrados todos los sondeos, se elaboraron 3 perfiles de resistividad que involucra todos los valores de resistividad a profundidad. Así mismo se calibraron los valores resistivos con la litología obtenida del barreno S-1 y con base en la correlación de los valores de resistividad de cada unidad identificada, se puede realizar una asociación geológica e hidrogeológica. Estos contrastes geoelectricos también pueden correlacionarse con las tendencias estructurales de la zona de estudio. A continuación, se describe los perfiles más importantes generados para el presente proyecto.

Perfil Resistivo Blvd. Bonampak N.-1

Este perfil fue construido a partir del análisis de los 6 TEM's (CUN-08 al CUN-03), tiene una orientación SW-NE y una longitud de 900 m (**Figura 4.45**). La interpretación general de este perfil sugiere como característica general la presencia del relleno sedimentario de origen costero, con una profundidad máxima de unos 3 m, y con un basamento seguramente carbonatado afectado por disolución.

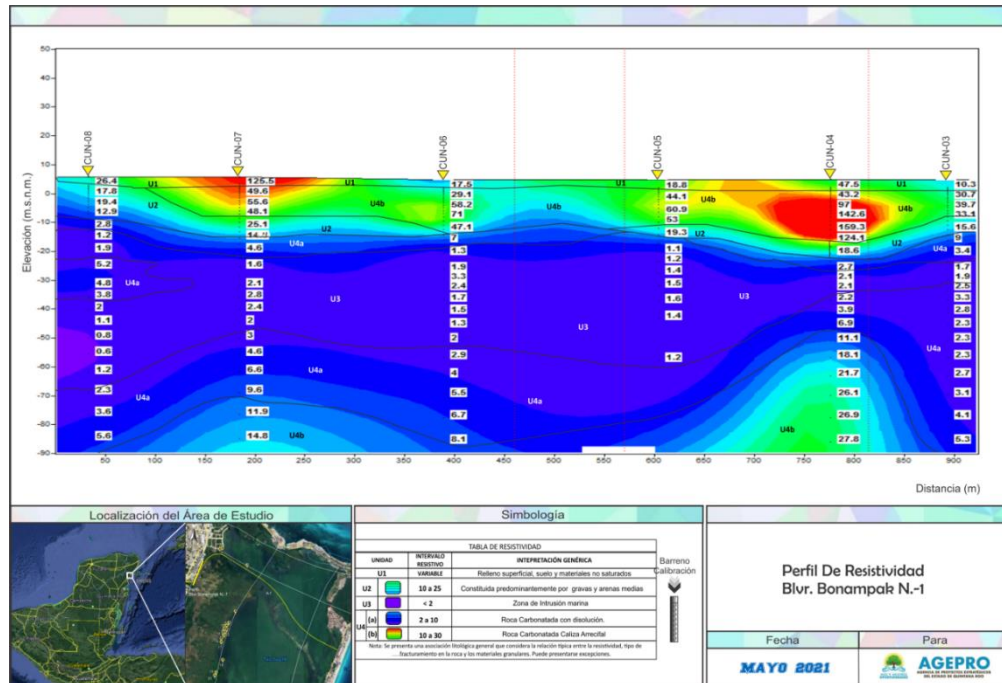
La unidad U1 a lo largo de todo el perfil presenta valores resistivos de entre 18 a 126 Ω^*m caracterizada por un relleno sedimentario constituido por arenas finas a medias no saturadas con un espesor promedio de 3 m.

La unidad U2 es la más sub-superficial con resistividades de entre 10 a 25 Ω^*m , presentando un espesor de 12 m, en el sondeo CUN-08, acunando su espesor a 7.5 m en los sondeos CUN-07; a partir de los sondeos del CUN-05 al CUN-03 presenta un espesor de 4 m esta unidad está caracterizada por gravas y arenas finas a media.

La unidad U3 es la que está más ampliamente distribuida como parte del basamento carbonatado muestra una variación de resistividades a profundidad, presentando los valores mayores hacia la porción basal en los sondeos CUN-08 con un espesor de 40.8 m y va disminuyendo su espesor hacia el sondeo CUN-03 con un espesor de 10.5 m, esta unidad corresponde a la intrusión marina.

La sub-unidad U4a tiene cuerpos irregulares en la parte sub-superficial con un espesor máximo de 9.8 m y uno mínimo de 4.5 m, y resistividades de entre 2 a 10 $\Omega \cdot m$ y profundidades de 10 a 20 m, la cual está asociada a una roca carbonatada con disolución, mientras que esta misma unidad se encuentra a mayor profundidad, presentando un mayor espesor en el sondeo CUN-03 con 53.7 m y un espesor menor en el sondeo CUM-04 con 15.5 m, La sub-unidad U4b, al igual que la sub-unidad anterior se encuentra sub-superficialmente, cuenta con un rango de resistividad de 10 a 30 $\Omega \cdot m$, y presenta espesores máximos de 10.33 m en el sondeo CUN-07 y con un mínimo espesor en el sondeo CUN-03 con 8 m, mientras que a mayor profundidad se puede observar esta sub-unidad como pilares en el sondeo CUN-07 con un espesor de 17 m a una profundidad de 74 m, y un segundo pilar en el sondeo CUN-04 con un espesor de 41 m a una profundidad de 51.5 m.

Figura 4.45. Perfil resistivo Blvd. Bonampak N.-1

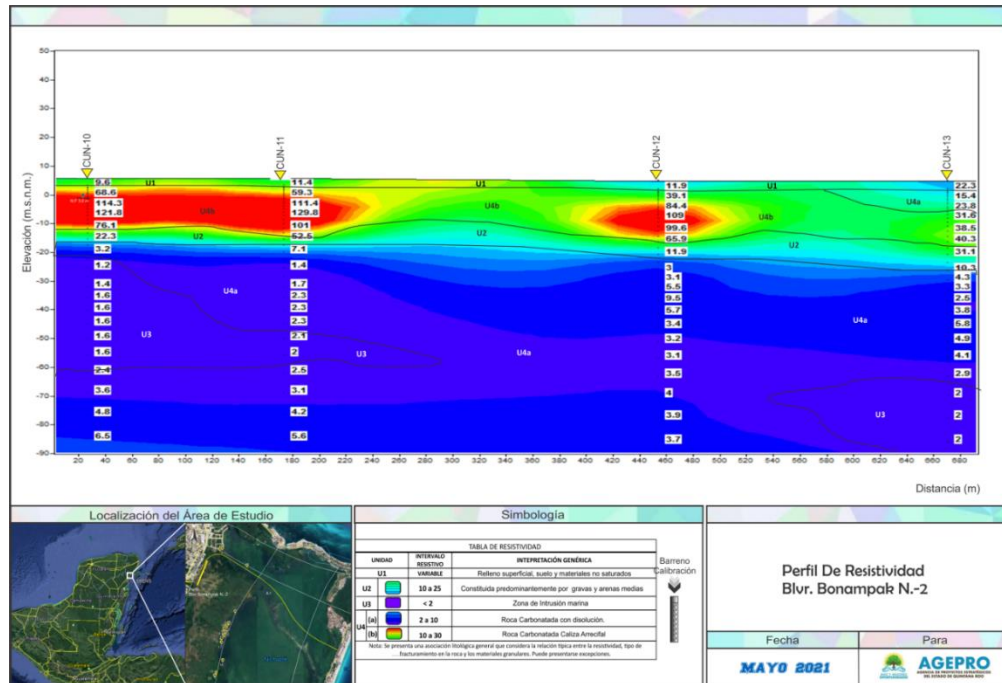


Fuente: (Prospección geofísica del Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

Perfil Resistivo Blvd. Bonampak N.-2

Este perfil fue construido a partir del análisis de los 4 TEM desarrollados en el área (CUN-10 al CUN-13). Tiene una orientación SW-NE y una longitud de 680 m (Figura 4.46). La interpretación general de este perfil sugiere como característica general la presencia del relleno sedimentario de origen costero, con una profundidad máxima de unos 3 m (unidad U1), y con un basamento seguramente carbonatado afectado por disolución. La unidad U2 es la más sub-superficial con resistividades de entre 10 a 25 $\Omega \cdot m$, presentando un espesor promedio de 7.5 m. donde se presenta su mayor espesor en el sondeo CUN-08 con 11.5 m, acuñando su espesor a 5.5 m en los sondeos CUN-19 y CUN-10, esta unidad está caracterizada gravas y arenas finas a media.

Figura 4.46. Perfil resistivo Blvd. Bonampak N.-2.



Fuente: (Prospección geofísica del Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

Posteriormente se observa la unidad más conductora U3 asociada a zonas de alto grado de carsticidad y presencia de agua marina, la cual aparece a los 28, 55 y 74 metros de profundidad en los sondeos CUN-10, CUN-11 y CUN-13 con espesores de 41, 12 y 26 m respectivamente.

Finalmente aparece la sub-unidad U4b la cual se asocia a la roca caliza sana o de baja carsticidad. Esta unidad se observa en un primer horizonte cercano a la superficie a lo largo de todo el perfil, con un espesor promedio de 15.5 m a una profundidad de 3 m.

Perfil Resistivo Blvd. Bonampak N.-3

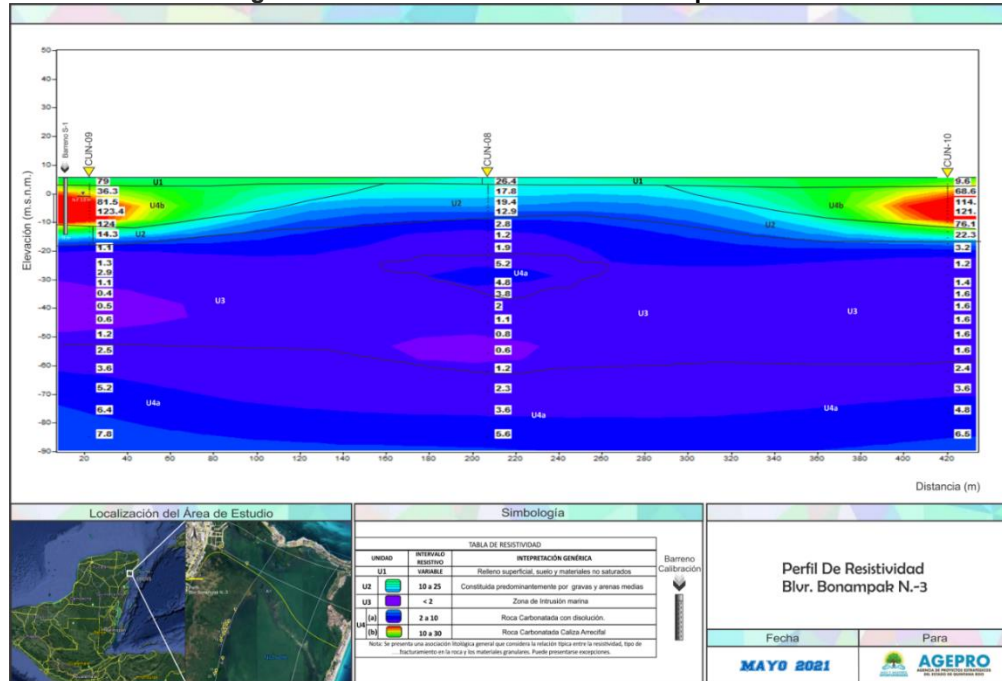
Este perfil resistivo tiene una dirección W-E y se ubica al final del trazo del puente; cuenta con una longitud aproximada de 400 m y se conforma por los sondeos CUN-19, CUN-08 y CUN-10 (Figura 4.47). Sobre el perfil se aprecian unidades con diferentes rangos de resistividad, observando en un principio a la unidad U1 de espesor constante de 3 metros, con valores de resistividad de 9 a 70 $\Omega \cdot m$.

La sub-unidad U4b la cual se relaciona a la roca caliza sana o de baja carsticidad, solo se observa en los sondeos CUN-19 y CUN-10, presentando un espesor de 13.5 y 5.5 m respectivamente. Se tiene un canal activo y/o inactivo en el sondeo CUN-08 con un espesor

de 11.5 m a una profundidad de 3 m. asociada con la unidad U2 caracterizada por gravas y arenas finas a media. Con un rango resistivo de 10 a 25 $\Omega \cdot m$.

La unidad U3 se muestra como la más conductora y se asocia a las zonas de alto grado de carsticidad y presencia de agua marina, apareciendo a los 25 metros de profundidad aproximada siendo más notable a lo largo de todo el perfil, con espesores de 35 a 40 m. Con un rango resistivo menor a 2 $\Omega \cdot m$.

Figura 4.47. Perfil resistivo Blvd. Bonampak N.-3.

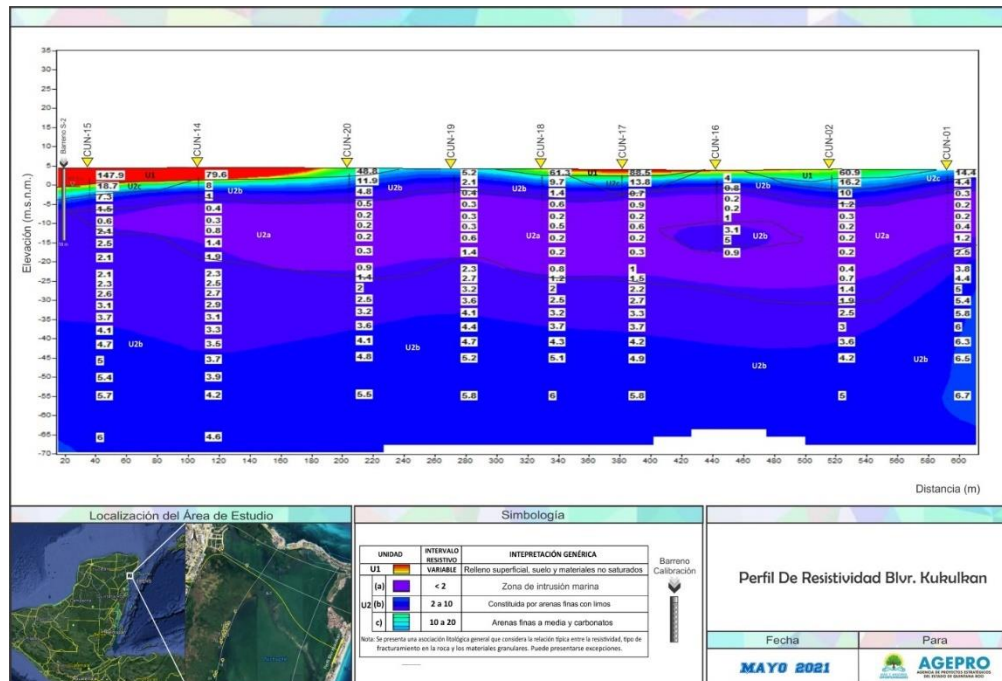


Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021).

Secciones gráficas de la zona este (Blvd. Kukulcan)

La distribución de resistividades obtenidas en el subsuelo, permitieron identificar un total de 2 unidades resistivas, la unidad 2 presentó rangos de variación internos, por lo que a su vez se delimitaron varias divisiones dentro de ésta (Figura 4.48).

Figura 4.48. Unidades resistivas zona este (Blvd. Kukulcan).



Fuente: (Informe de Prospección Geofísica, 2021)

La Unidad 1 (U1) Representa las resistividades más sub-superficiales en la mayoría de los perfiles, tiene un espesor variable y sus rangos de resistividad van desde los 48 Ω*m hasta mayores de 147 Ω*m. Representa unidades de suelo y sedimentos de granulometría muy variada, generalmente no consolidados ni saturados.

La Unidad U2: Está representada por resistividades entre 2 y 20 Ω*m, caracterizado por depósitos lacustres, constituidos por arcilla, lodo calcáreo, arena y limo de color negro con alto contenido de materia orgánica. Esta unidad fue dividida en 3 sub-unidades.

- Sub-unidad U2a. Es una unidad que presenta resistividades menores a los 2 Ω*m representa sedimentos no consolidados de una granulometría fina dominados por limos y arcillas. Eventualmente valores menores a 1 Ω*m pudieran corresponder a zonas con presencia de agua salada.
- Sub-unidad U2b. Son valores resistivos entre 2 a 10 Ω*m caracterizada por arenas finas con limos.
- Sub-unidad U2c. Son valores resistivos entre 10 a 20 Ω*m a mayor profundidad que la unidad U2b, caracterizada por arenas finas a media con presencia de carbonatos.

Con la información procesada de los 9 sondeos (TEM'S), se generó un perfil resistivo que involucra todos los valores de resistividad a profundidad. Así mismo se calibraron los valores resistivos con la litología obtenida del barreno S-2 y con base en la correlación de los valores de resistividad de cada unidad identificada, se puede realizar una asociación geológica e hidrogeológica. Estos contrastes geoelectricos también pueden correlacionarse con las tendencias estructurales de la zona de estudio. A continuación, se describe el perfil generado para el presente proyecto.

Perfil Resistivo Blvd. Kukulcan N.-1

Este perfil fue construido a partir del análisis de los 9 TEM desarrollados sobre el bulevar Kukulcan (CUN-15, CUN-14, CUN-20 al CUN-16 y CUN-02, CUN-01). Tiene una orientación SW-NE y una longitud de 600 m (**Figura 4.49**). La interpretación general de este perfil sugiere como característica general la presencia dominante de un relleno sedimentario de origen costero fino, constituidos por arcilla, lodo calcáreo, arena y limo de color negro con alto contenido de materia orgánica, con la eventual presencia de agua salada, con un espesor de hasta 53 m, y con un basamento seguramente carbonatado mayormente afectado por disolución.

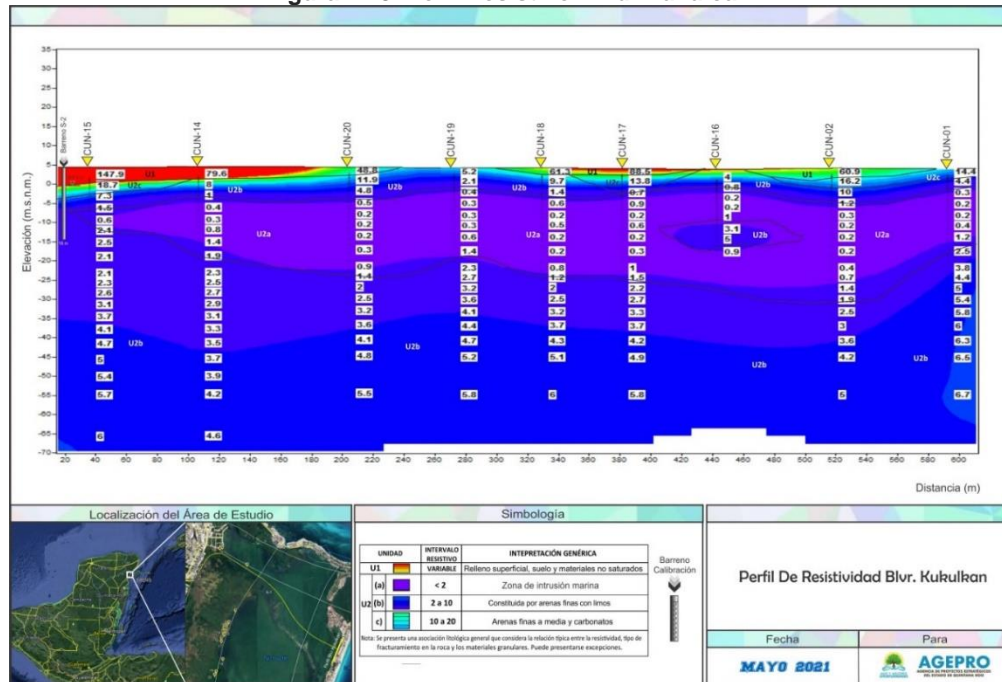
La unidad U1 caracterizada por relleno superficial materiales no saturado presenta una resistividad variada entre el rango de 60 a 140 $\Omega \cdot m$, con un espesor variable 4 a 8 m presentando su mayor espesor en el sondeo CUN-19 y menor espesor en el Sondeo CUN-17 y CUN-18, se observa que en los sondeos CUN-19 y CUN-16 no se presenta esta unidad.

La Sub-unidad U2b se encuentra más sub-superficial está caracterizada por un cuerpo continuo de unos 11 m de espesor que presenta resistividades (2 a 10 $\Omega \cdot m$), constituida por arenas finas y limos. Por su parte, la Sub-unidad U2a se identificó como una capa continua con resistividades bajas menor a 2 $\Omega \cdot m$, que alcanza un espesor máximo de 53 m, caracterizada como zona de intrusión marina, adelgazándose hacia la porción oeste de este perfil. La sub-unidad U2c solo se presenta en los sondeos CUN-15 con un menor espesor de 4.8 m donde su mayor espesor se encuentra en el sondeo CUN-17 con 8.5 m y en los sondeos CUN-01 y CUN 02 presenta espesores de 5.8 y 5 m respectivamente (**Figura 4.49**).

En lo que respecta a la porción más profunda de este perfil, presenta valores bajos que eventualmente los valores resistivos podrían estar enmascarados por el contenido de sales,

por lo que las resistividades se identifican a la porción carbonatada afectada por disolución, presentando la sub-unidad U2b resistividades de entre 2 a 7 $\Omega \cdot m$.

Figura 4.49. Perfil resistivo Blvd. Kukulcan.



Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021)

4.3.1.3.2. Modelo geofísico

Los perfiles de resistividad dentro del área estudiada fueron integrados en un modelo tridimensional, con el objetivo de mostrar con mayor claridad gráfica, la expresión y observación de los resultados. (Figura 4.50).

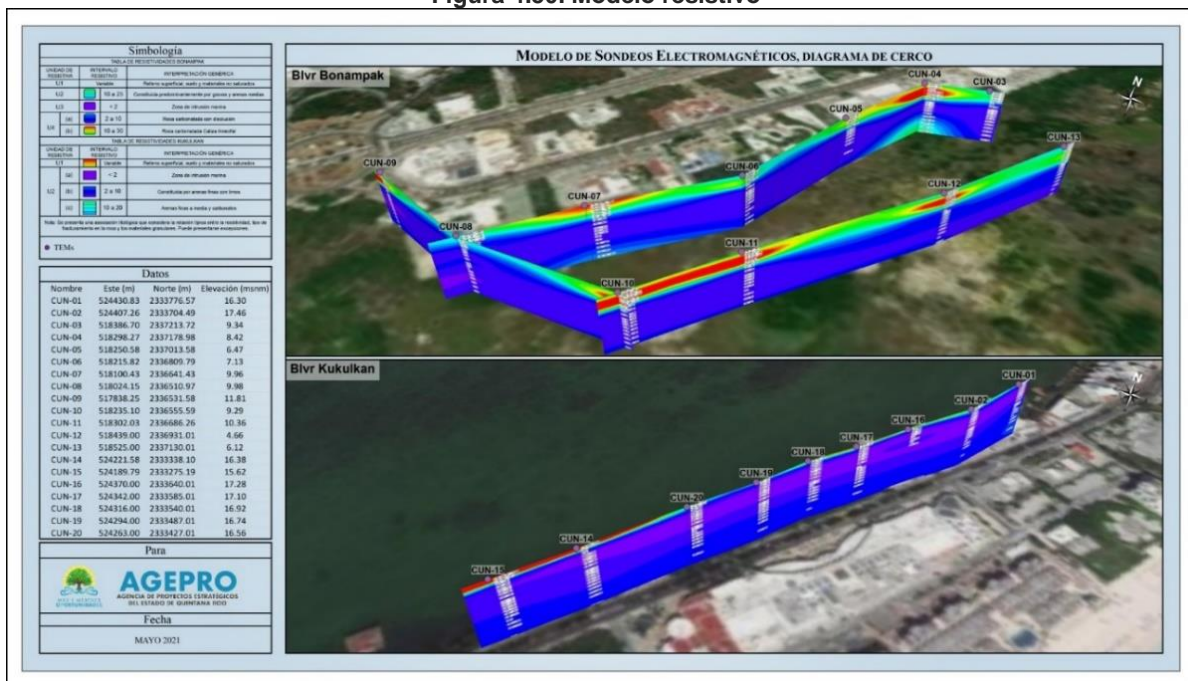
El modelo se caracteriza por una distribución homogénea de la resistividad en función de la profundidad, en la cual se diferencian una capa de valores resistivos muy altos (Colores naranja y rojos) y por debajo de ella, valores bajos (Azules y morado); se observan magnitudes de resistividad máximas o mínimas puntuales o significativas.

La interpretación del modelo resistivo sugiere como característica general una secuencia predominantemente de carbonatadas del Mioceno-Plioceno, así como algunos depósitos cuaternarios de origen lacustre, palustre y de litoral, además, superficialmente se tienen concentraciones de resistividades altas que eventualmente representan canales inactivos y/o activos. Presenta un basamento carbonatado que eventualmente está afectado por disolución.

Apoyados en el análisis de imágenes satelitales (Lemus-Bustos, 2005), se identificaron algunos lineamientos estructurales, lo que permitió identificar las distintas estructuras que interactúan en el área. A partir de la asociación de las zonas de baja resistividad, puede observarse la presencia de dos grupos estructurales con dirección NE-SW, así como fallas orientadas NW-SE.

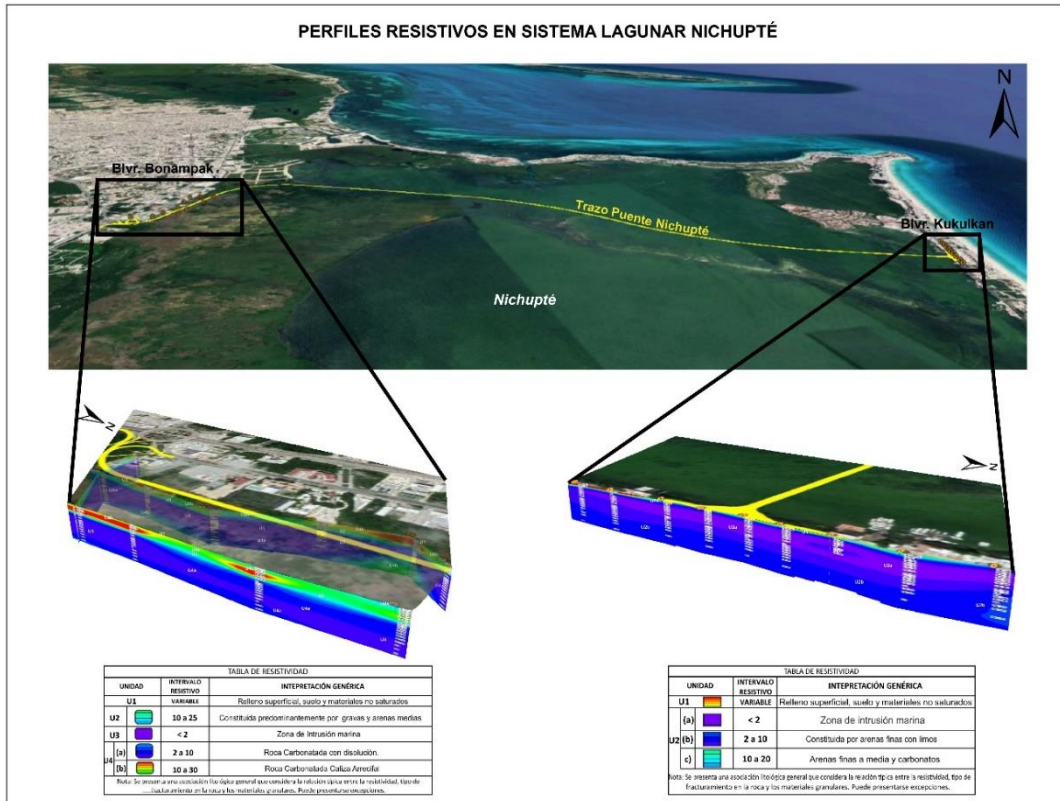
Dentro del área de estudio se observó una concentración de resistividades bajas (color azul), asumiéndose como una zona de disolución de la roca. En los primeros 12 m de la zona oeste/Boulevard Bonampak, se encuentra sobre un macizo rocoso carbonatado donde domina un fracturamiento moderado, evidenciado por la distribución de resistividades medias a ligeramente altas (color verde y amarillo). Que al contrario en la zona del Blvd. Kukulcan, en la parte superficial se tiene los primeros 8 m sobre relleno de litoral constituido por gravas y arenas finas (Figura 4.51).

Figura 4.50. Modelo resistivo



Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021)

Figura 4.51. Detalle del modelo resistivo



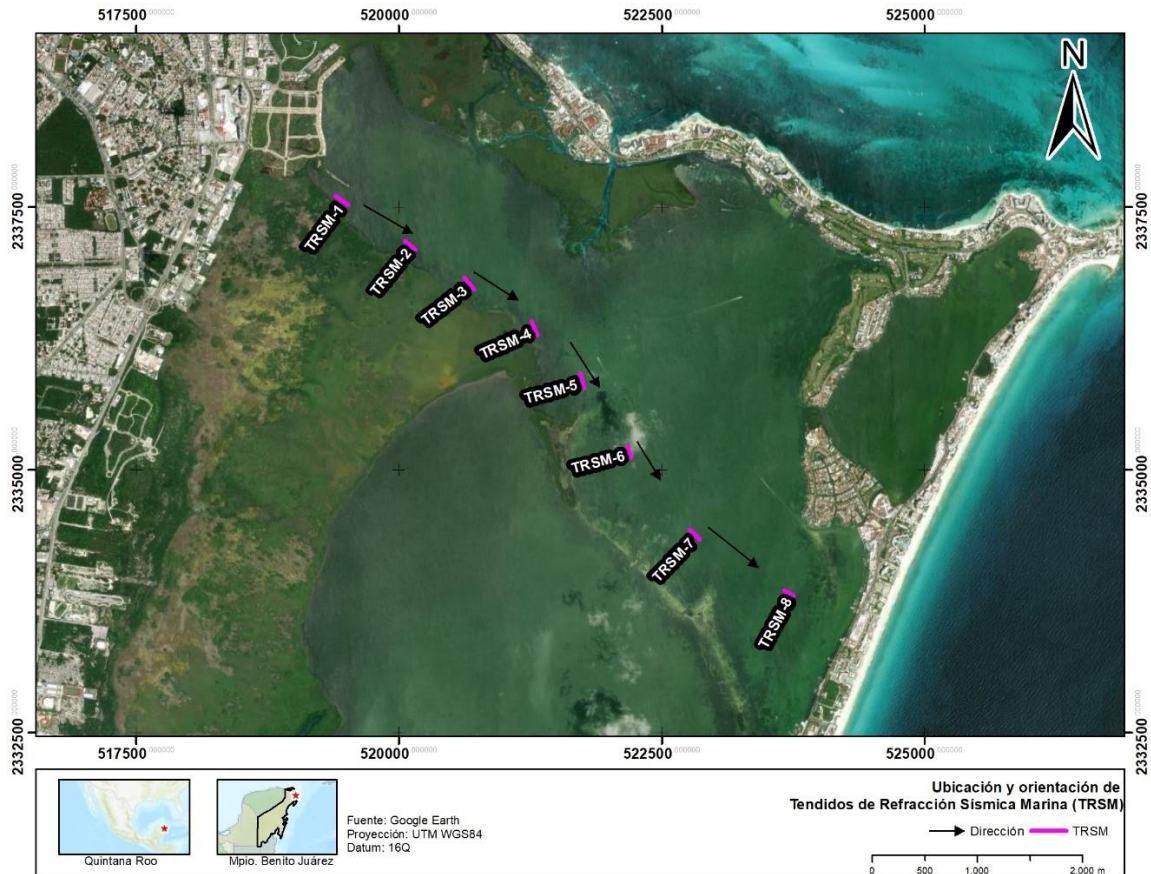
Fuente: (Informe de Prospección Geofísica, 2021)

4.3.1.3.3. Geofísica con tendidos sísmicos de refracción marina (TRSM)

Adicional a la información presentada en el apartado anterior, se realizó un complemento al estudio geofísico en octubre de 2021, para determinar la estratigrafía del subsuelo y las condiciones geomecánicas mediante la técnica de tendidos sísmicos de refracción marina en la ZII del Proyecto, como información preliminar para conocer las características del subsuelo, en tanto se puede realizar el estudio de mecánica de suelos una vez autorizado el Proyecto, con la finalidad de determinar las características particulares que definirán las adecuaciones y profundidad de las pilas en concordancia con los resultados. Como información base para este estudio se contó con los datos de batimetría y los resultados de los dos sondeos realizados que fueron descritos en apartados anteriores.

Se realizaron los tendidos sísmicos de refracción marina a lo largo del trazo asociado con el Proyecto, con la finalidad de definir las velocidades de propagación de las ondas “P”, como referencia para determinar la resistencia y profundidad del basamento, para ello se empleó un sismógrafo marca Geometrics ES3000 (Figura 4.52). Los detalles de la metodología se pueden consultar en el capítulo 8 de esta MIA.

Figura 4.52. Localización de tendidos sísmicos asociados con la zona acuática o intermareal.



Fuente: (Estudio de geofísica con tendidos sísmicos, 2021).

4.3.1.3.4. Tendidos sísmicos

La primera capa con velocidades entre 1600 a 2200 m/s de velocidad de onda P, en tonalidades de rosa a rojos, se asocia con un material compuesto de una roca fuertemente karstificada saturada y con relleno de materiales del suelo marino. Esta capa se identificó en los tendidos del lado oeste con espesores pequeños de entre 2 a 7 metros y cubriendo parcialmente la parte superficial de cada tendido; en los tendidos de la zona este se encontró la misma capa de manera más uniforme y con mayor espesor con un promedio de 8 metros en general y cubriendo casi en su totalidad la longitud de cada tendido.

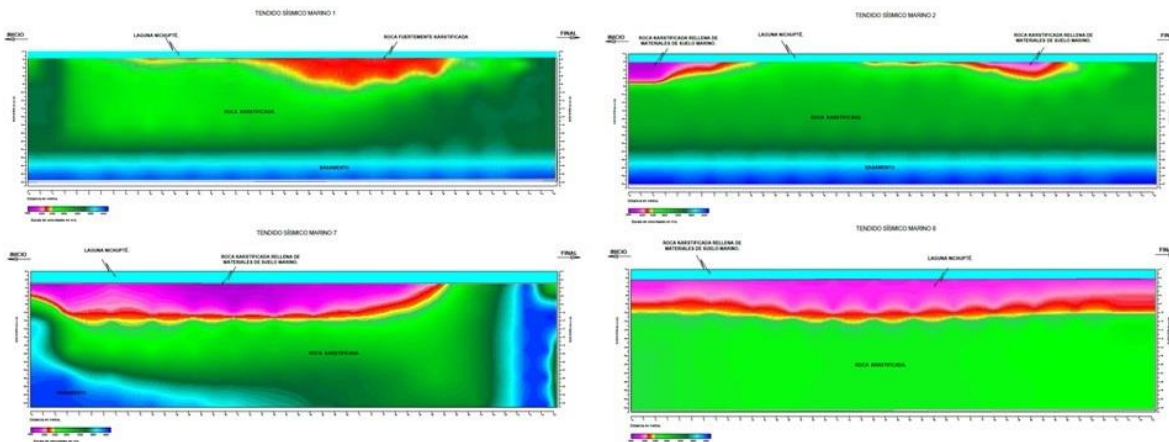
La segunda capa se encuentra en el rango entre 2000 a 3400 m/s, en colores verdes, esta capa se interpreta como una probable roca fracturada y con karstificación media, esta capa se observó muy bien definida en los modelos de las secciones al oeste de manera uniforme horizontal y con un espesor de 20 metros, este comportamiento uniforme solo se observó en los tendidos mencionados y por tal motivo se infiere que pertenecen a una zona estructural diferente al resto del trazo de los demás tendidos. En los tendidos de la zona

este, esta capa se observó de manera poco uniforme con probables plegamientos y observando diferentes geometrías.

Se encontró el probable basamento de roca caliza con velocidades mayores de 4000 m/s de velocidad de onda P y en colores azules, este contacto se observó de manera homogénea en los tendidos de la sección oeste a 22 metros de profundidad y de manera semi constante en los tendidos del lado este.

A continuación, en la **Figura 4.53**, se muestran las representaciones preliminares de algunos de los TRSM.

Figura 4.53. Perfiles sísmicos marinos (TRSM).



Fuente: (Estudio geofísico, 2021).

Los resultados indican que la conformación del material base del cuerpo lagunar, corresponde con el conocido para la península, esto es, una plataforma de materiales sedimentarios sometidos a intemperismos de disolución donde las rocas carbonatadas, principalmente calizas, generan un fenómeno conocido como karstificación que es el deterioro de la roca, formando porosidades que llegan a formar oquedades que se rellenan ya sea de materiales semi consolidados como suelo, raíces, etc. hasta solamente tener agua en su interior. Todo este fenómeno se presenta en la mayor parte de la zona continental y un poco en la zona oceánica, nuestro interés principal en este estudio es la zona continental ocupada por una laguna donde se realizó un estudio indirecto con métodos geofísicos de prospección sísmica marina.

La interpretación con la que se construyeron los modelos conceptuales de isovelocidades de onda VP, nos indica la probable existencia de al menos tres materiales de diferentes

rangos de velocidad, toda la descripción realizada en este informe se asocia a un solo tipo de material geológico, pero con diferenciales de profundidad y características mecánicas. Otra observación que se obtuvo es la probable diferencia estructural entre dos zonas, la primera se encuentra en los TRSM 1, 2, 3 y 4 con probable influencia del manglar de la laguna, la segunda estructura se observa más definida en los tendidos 5, 6, 7 y 8 que se encuentran dentro de la parte amplia de la laguna.

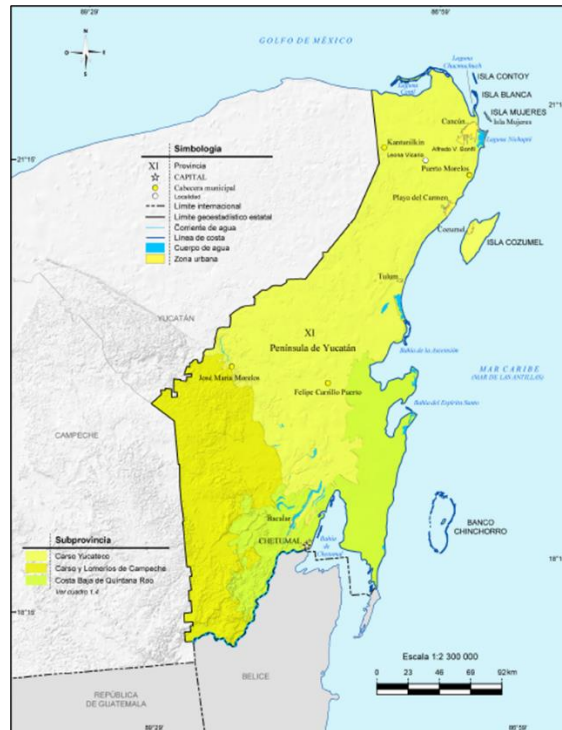
Hay que aclarar que esta interpretación se realizó de manera robusta y general debido a la gran extensión de la zona. Pero en general el estudio alcanzó el objetivo principal de identificar el probable contacto del basamento.

Como se ha mostrado, se emplearon dos técnicas distintas de prospección geofísica, sin embargo, ambos proporcionan resultados que reflejan la profundidad y grosor de las capas de las que está compuesto el subsuelo donde se perforarían las pilas. Esta información, junto con la mecánica de suelos en su momento, serán los que permitirán definir con precisión las características, profundidad de perforación de las pilas y los ajustes que requiere la estructura.

4.3.1.4. Fisiografía

Quintana Roo se encuentra en la provincia fisiográfica XI Península de Yucatán (**Figura 4.54**). Su relieve es casi plano, resaltan algunas elevaciones que no rebasan los 200 m.s.n.m. (cerro El Charro) en la Sierra de Ticul, otras elevaciones son el cerro Nuevo Bécar (180 m.s.n.m.) y el cerro Pavo (120 m.s.n.m.), INEGI (2016). La provincia fisiográfica XI, a su vez está dividida en tres subprovincias: 63 Carso y Lomeríos de Campeche, 62 Carso Yucateco y 64 Costa Baja de Quintana Roo (**Anexo 4.3 Caracterización hidrogeológica**).

Figura 4.54. Provincia fisiográfica XI, Península de Yucatán.



Fuente: (Informe de caracterización hidrogeológica, 2021)

4.3.1.4.1. Carso y Lomeríos de Campeche

Es la parte más elevada y corresponde al sur del estado. Aquí se encuentran los únicos cerros de Quintana Roo: el Charro, Nuevo Becar y el Pavo. El paisaje está formado por lomeríos y pequeñas llanuras. La altitud desciende de poniente a oriente, en forma escalonada, desde 300 msnm en el borde occidental del estado hasta unos cuantos metros en el límite oriental. Es asiento de la única corriente superficial, el Río Hondo, que se origina en la unión del río Azul y el Bravo, este último hace su recorrido en territorio guatemalteco; al oeste, a poco más de un kilómetro, el Azul, que proviene de Guatemala, recibe el aporte del río Ixnoha que a su vez recibe aportaciones de arroyos menores, aunque su desarrollo es completamente del lado mexicano. La red de drenaje superficial sólo consta de algunos arroyos efímeros de corto recorrido que fluyen hacia las lagunas.

4.3.1.4.2. Carso Yucateco

Desde el punto de vista geomorfológico es una planicie formada en una losa calcárea, con ligera pendiente hacia el oriente y relieve ondulado; se alternan crestas y depresiones. Esta sub provincia fisiográfica se distingue por su topografía cárstica, presenta desde pequeños huecos hasta grandes depresiones, cenotes o dolinas; casi en toda su extensión carece de sistema de drenaje superficial.

4.3.1.4.3. Costa Baja de Quintana Roo

Se extiende a lo largo del borde oriental; se caracteriza por su relieve escalonado que desciende de poniente a oriente, con reducida elevación sobre el nivel del mar. A lo largo de su borde sur y suroriental circula el Río Hondo. En esta sub provincia existen grandes cenotes, como el Cenote Azul; varias lagunas: Bacalar, San Felipe, La Virtud, Chile Verde y Laguna Guerrero, entre otras, y vastas áreas inundables, algunas permanentes casi todo el año.

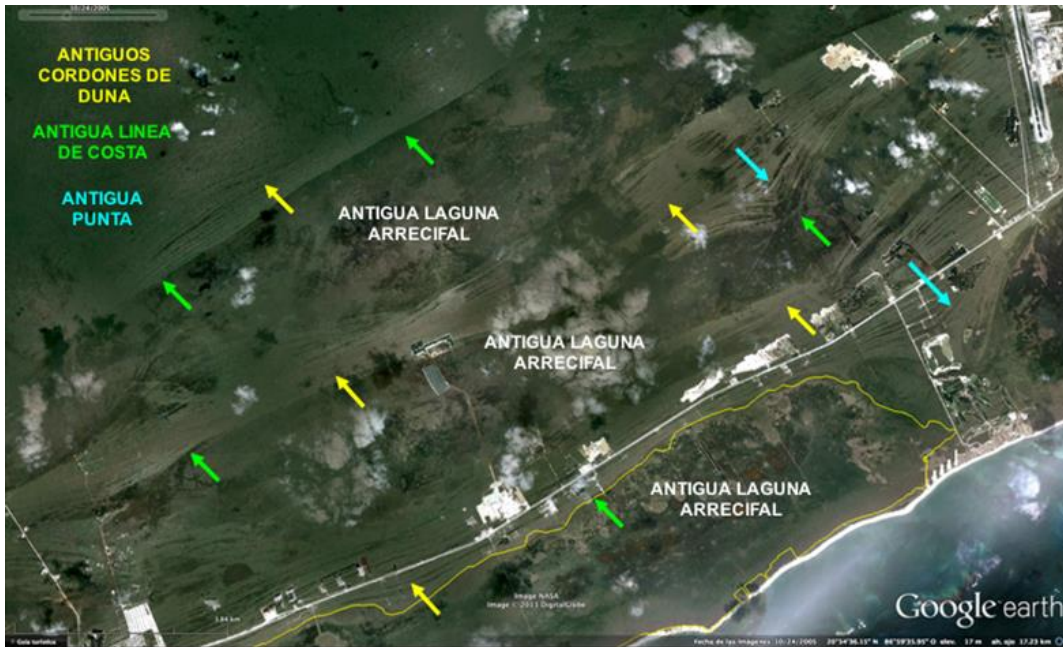
El marco hidrogeológico es un sistema cárstico maduro con conductos, cavernas y cenotes. El gradiente hidráulico es muy pequeño, del orden de 7-10 mm/Km, sugiriendo permeabilidades muy altas. Estas permeabilidades han resultado en un acuífero muy vulnerable que tradicionalmente recibe tanto descargas domésticas como industriales.

La zona de El Proyecto queda comprendida en la Subprovincia 62, Carso Yucateco, la cual en el estado de Quintana Roo abarca los municipios de Benito Juárez, Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres, José María Morelos, Lázaro Cárdenas, Othón P. Blanco y Solidaridad.

4.3.1.5. Geomorfología

Como efecto de las variaciones del nivel del mar y de zonas emergidas y sumergidas, la zona costera situada al oriente de la península, correspondiente con el estado de Quintana Roo en su porción denominada Corredor Cancún-Tulum, que es donde se ubica el Proyecto, se caracteriza por presentar una secuencia de depresiones o cuencas paralelas a la línea de costa que se originaron por la elevación de la Península de Yucatán en épocas geológicas pasadas y su consecuente variación del nivel del mar (**Figura 4.55**).

Figura 4.55. Evolución y rasgos geomorfológicos principales de las cuencas paralelas al mar en el Corredor Cancún Tulum.



Fuente: GPPA, 2019.

En esta secuencia los rasgos geomorfológicos principales son:

- Zonas altas que originalmente fueron cordones de duna,
- Antiguas puntas que había en la línea de costa,
- Taludes que marcan las antiguas líneas de costa y
- Cuencas o zonas bajas que originalmente fueron lagunas arrecifales.

Asimismo, resulta evidente la relación de la vegetación con dicho arreglo geomorfológico; en todas las zonas altas (antiguos cordones de duna y puntas costeras) predominan componentes de selva; mientras que, en las zonas bajas más próximas a la costa actual, predominan los de humedales costeros, entre ellos el de manglar. En las partes bajas, conforme están más alejadas de la costa actual hay una secuencia de predominio de componentes de humedales de agua dulce, selva inundable y selva (**Figura 4.56**).

Figura 4.56. Relación entre los rasgos geomorfológicos y los tipos de vegetación que ocupan las partes altas y bajas de las cuencas expuestas paralelas al mar en el Corredor Cancún Tulum

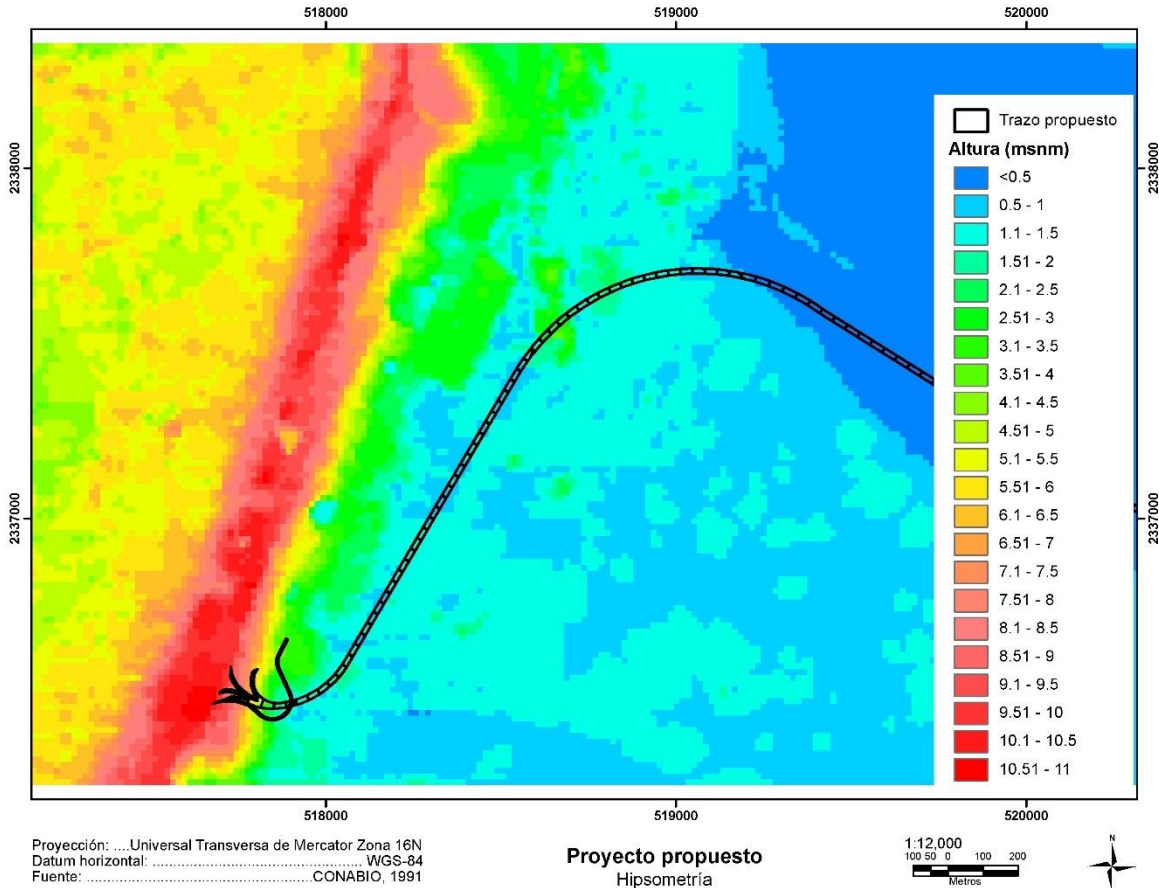


Fuente: GPPA, 2019

El paisaje geomorfológico de la zona está caracterizado por una planicie constituida por capas de calizas horizontales en las que los efectos del Sistema de Falla transformada Motawa-Polochic que domina todo el oriente del estado de Quintana Roo, en sentido sensiblemente NE-SW, han determinado la ocurrencia de fallas en ese sentido y otras de alivio de esfuerzos en sentido NW-SE, las que al fracturar a las rocas calcáreas definieron los sitios por donde preferentemente se percoló e infiltró el agua de lluvia, disolviendo el carbonato de calcio y propiciando sistemas de oquedades que dieron lugar a un paisaje kárstico, formado por dolinas (cenotes), úvalas y un alineamiento de estructuras racimiformes; además de depósitos de arcillas que quedan como subproducto de la descalcificación.

En la **Figura 4.57**, la información pública disponible, permite apreciar las elevaciones del terreno asociadas con la sección oeste del Proyecto. De manera general, las elevaciones mayores en color rojo y rosa, corresponden con el Blvd. Colosio y la infraestructura urbana asociada, la franja sólida en color verde aledaña a la anterior, corresponde con la vegetación de selva y áreas que han sido alteradas en su cobertura de suelo, así como otras que corresponden con los petenes al interior del humedal y las zonas más bajas en la zona terrestre en tonos azules y el cuerpo de agua principal representado por el tono azul más oscuro.

Figura 4.57. Hipsometría



Fuente: GPPA con datos de CONABIO.

4.3.1.6. Edafología

4.3.1.6.1. Edafología regional

En el estado de Quintana Roo, los suelos tienen su origen en la roca madre, en cuyas fracturas se acumula abundante arcilla y humus, permitiendo, debido a su fertilidad, el desarrollo de la vegetación. Este humus se forma a través del intemperismo a partir de la hojarasca depositada sobre la roca. Estos suelos fértiles característicos de la región son de tipo Litosol, Regosol, Rendzina y Solonchak.

Los suelos de tipo Litosol presentan vegetación de manglar de franja, manglar chaparro y *Rhizophora mangle*. Los suelos Regosoles se encuentran en las zonas planas sujetas a frecuentes inundaciones, con saturación de agua casi durante todo el año. Su textura limo-arenosa se debe a los sedimentos acarreados por los flujos laminares, lo que forma los lodos calcáreos de lenta humificación. En estos suelos también se encuentra el manglar. Los suelos Rendzinas se caracterizan por la selva baja caducifolia posible a la abundante

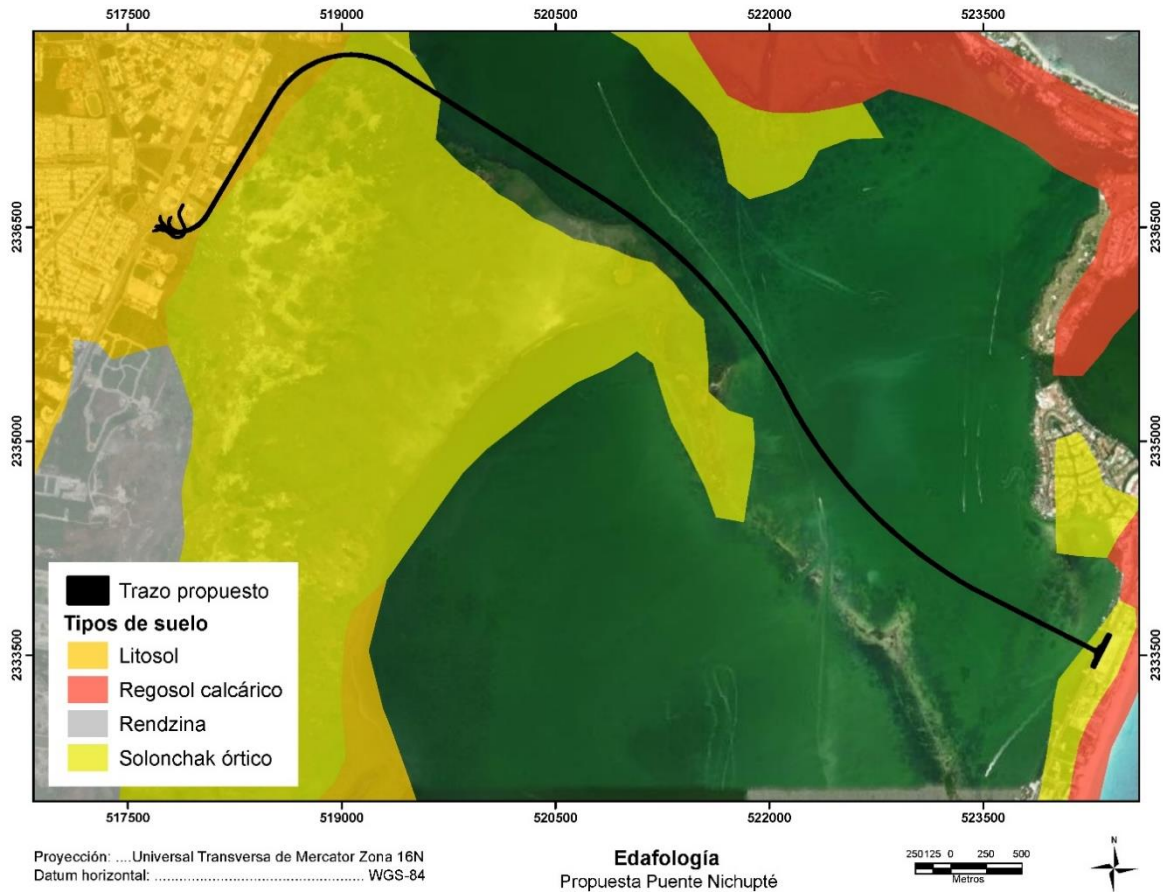
capa de humus depositada sobre la roca caliza. Los suelos Solonchak presentan un alto contenido de sal y se caracterizan por dar lugar a manglares, sabanas, petenes y selva baja caducifolia (Magallon, 2007).

En el PDU del Centro de Población de Cancún, se señala que los tipos de suelo dominantes son: Litosol, Rendzina, Solonchak y Regosol²⁴. Los dos primeros ocupan la mayor parte de la superficie del centro de población. Corresponde con suelos de reciente formación, con capas alrededor de 20 cm, color oscuro debido a la presencia de materia orgánica, generalmente sobre rocas calcáreas que afloran frecuentemente. Su drenaje interno y superficial es eficiente, son el principal sustrato de la selva mediana subperennifolia (POEL-BJ, 2011). El suelo alrededor de la Laguna Nichupté, es de tipo Solonchack, salinos por la influencia de agua salobre, de color oscuro en los márgenes y conforme se adentran, cambian a color gris a gris olivo en los interiores. Presenta un drenaje interno y superficial lento, con un elevado contenido de materia orgánica, son poco susceptibles a la erosión, no presentan carbonatos y tienen un PH ligeramente ácido.

4.3.1.6.2. Edafología en el SAR del Proyecto

En la **Figura 4.58** se presentan los tipos de suelos en la zona de Proyecto. Por el extremo del lado Este del puente, el tipo de suelo dominante es Arenosol (Ar), mientras que por el extremo Oeste corresponde a Solonchak (SC) y Leptosol (LP).

Figura 4.58. Tipos de Suelos en la zona de Proyecto.

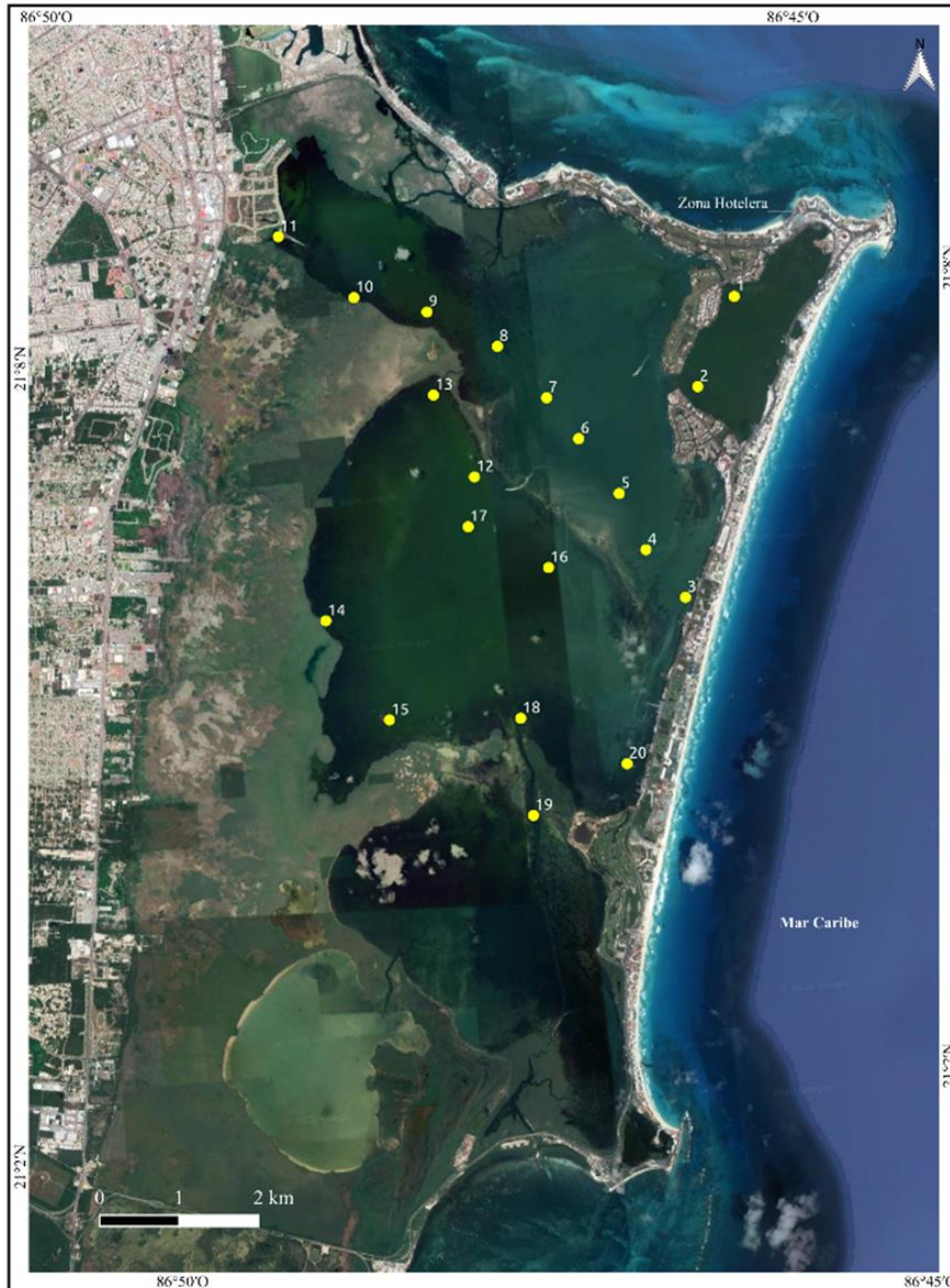


Fuente: GPPA, con datos de CONABIO.

4.3.1.6.3. Sedimentos

A principios de agosto de 2020, como parte de la (Propuesta no solicitada - AGEPRO, 2020), se realizó un estudio para determinar las características de los sedimentos en el SAR del Proyecto, a partir de 19 muestras distribuidas tal como se muestra en la **Figura 4.59**.

Figura 4.59. Ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos en el SLN.



Fuente: (Caracterización de los Sedimentos de Laguna Nichupté, 2020)

En la **Tabla 4.15**, se presentan de manera condensada los resultados de los porcentajes por fracción sedimentaria para cada una de las muestras.

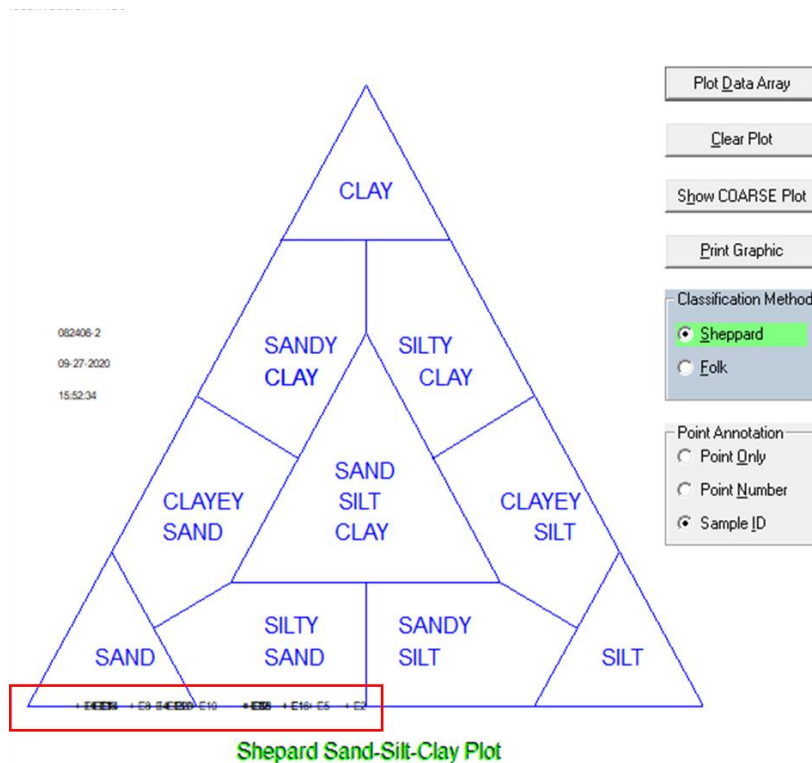
Tabla 4.15. Porcentajes de las fracciones sedimentarias por estación de muestreo.

Muestra	10 Arena muy gruesa	16 Arena gruesa	25 Arena media	40 Arena fina	100 Arena muy fina	200 Limo grueso	270 Limo medio	325 Limo fino	Total
E1	5.6	16.9	22.1	12.7	4.7	1.4	31.9	4.7	100.0
E2	6.0	12.0	15.2	13.6	6.0	2.2	40.8	4.3	100.0
E3	8.8	13.5	16.9	18.1	10.4	3.5	22.3	6.5	100.0
E4	4.3	8.9	16.4	32.4	19.9	6.4	8.5	3.2	100.0
E5	8.9	11.8	16.1	13.5	7.9	4.3	30.9	6.6	100.0
E6	4.5	9.2	18.8	25.0	9.2	4.8	23.5	5.1	100.0
E7	2.4	4.0	26.8	38.1	18.9	3.7	4.6	1.5	100.0
E8	2.1	4.5	38.7	27.2	12.1	5.1	8.5	1.8	100.0
E9	6.3	17.6	46.9	15.9	5.9	2.1	2.9	2.5	100.0
E10	7.5	16.5	23.6	19.8	8.0	2.8	16.0	5.7	100.0
E12	4.6	7.4	18.0	24.7	13.1	6.4	22.6	3.2	100.0
E13	2.3	5.7	37.9	32.4	12.9	4.3	3.4	1.1	100.0
E14	2.4	7.3	22.0	43.9	14.6	2.4	4.9	2.4	100.0
E15	2.7	50.5	18.8	4.6	3.7	1.7	15.5	2.5	100.0
E16	6.1	8.9	26.1	14.2	6.7	2.2	31.9	3.9	100.0
E17	11.0	19.5	19.5	19.5	9.8	4.9	9.8	6.1	100.0
E18	3.2	7.7	18.1	44.5	16.8	4.5	3.2	1.9	100.0
E19	7.7	12.0	16.6	22.7	8.6	4.0	22.7	5.8	100.0
E20	2.8	4.3	17.4	34.2	20.5	8.4	10.2	2.2	100.0

Fuente: (Propuesta no solicitada - AGEPRO, 2020)

En las muestras no están representadas las gravas y las arcillas, la fracción principal son las arenas, estas mismas están presentes en las muestras tomadas a lo largo del trazo del proyecto. La clasificación de las texturas con respecto al Diagrama de Shepard (1954) y Diagrama de Folk (1974), coloca los sedimentos en arenosos y arenoso-limosos. En la **Figura 4.60**, se muestran en el recuadro rojo la posición en donde se ubican los resultados de las muestras.

Figura 4.60. Diagrama de Shepard de clasificación de texturas.



Fuente: (Propuesta no solicitada - AGEPRO, 2020)

4.3.1.7. Hidrografía

4.3.1.7.1. Hidrografía regional

Como ocurre en casi toda la península de Yucatán, no existen corrientes superficiales en esta porción del estado, debido a sus características particulares de alta infiltración en el terreno y escaso relieve, así como tampoco existen cuerpos de agua de gran importancia; sólo pequeñas lagunas como la de Cobá, Punta Laguna, La Unión; lagunas que se forman junto al litoral como son la de Conil, Chacmochuc y Nichupté, y que tienen un uso recreativo.

La elevada precipitación pluvial, aunada a la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, favorece la renovación del agua subterránea de la península, por lo que prácticamente toda el área funciona como zona de recarga propiciando que los escurrimientos superficiales sean escasos o de muy corto recorrido.

Las características de la Península de Yucatán con paisajes cársticos, impide la formación de corrientes superficiales, dando lugar a una hidrología de tipo subterránea, promoviendo la conformación de dolinas, ojos de agua cavernas y grutas. Los flujos de descarga son hacia el litoral y prácticamente de manera radial, como se aprecia en la **Figura 4.61**.

Figura 4.61. Dirección del drenaje subterráneo en la Península de Yucatán.



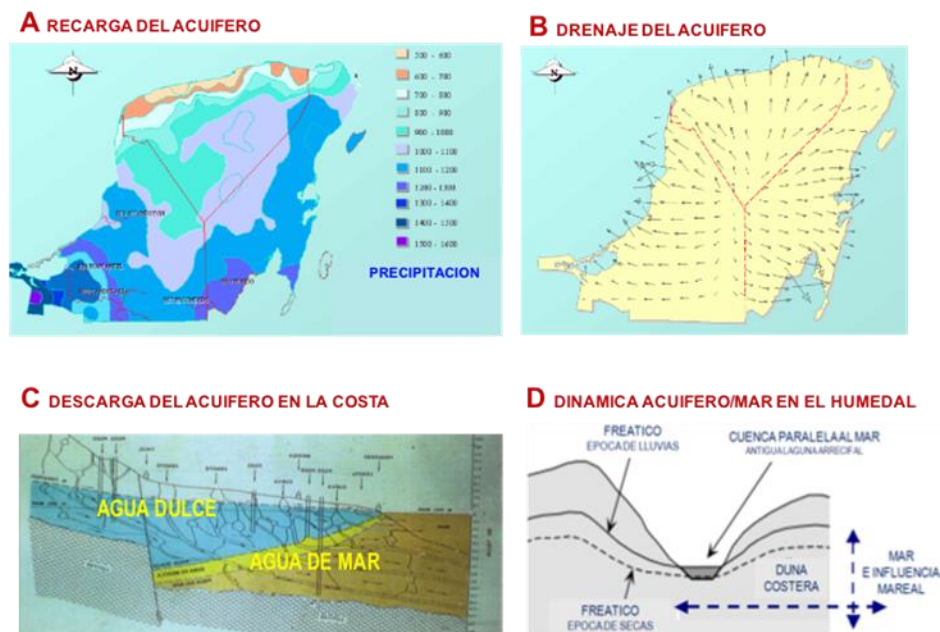
Fuente: (Villasuso, 2000)

La dinámica hidrológica en la planicie de inundación, está determinada por tres funciones de fuerza ambiental características de la Península de Yucatán: precipitación, geología e hidrogeología, las cuales actúan de la siguiente manera: la precipitación en la península es importante, sin embargo el suelo kárstico determina la carencia de cauces fluviales superficiales y su infiltración total al subsuelo conformando un acuífero de gran magnitud que drena subterráneamente hacia el mar de manera continua. Este drenaje se caracteriza por la dilución de la roca carbonatada creando ríos subterráneos y flujos a través de fracturas preferenciales hasta alcanzar las costas de la península incluyendo las del estado de Quintana Roo. Por lo anterior, el funcionamiento hidrológico general de la península y su relación con la cuenca emergida localizada en el poniente de la Sistema Lagunar Nichupté, puede resumirse de la siguiente manera:

- La península constituye la zona de recarga del acuífero regional (**Figura 4.62 a**) y sus costas la zona de descarga del mismo (Figura 4.62 b),
- En la zona planicie de inundación de la cuenca emergida el drenaje de agua dulce continental se encuentra con el agua salobre marino-estuarina proveniente de la Sistema Lagunar Nichupté, que penetra en tierra en forma de una cuña salina por la diferencia de densidades (Figura 4.62 c);

- En esta zona de interacción acuífero-laguna es donde se ubica la planicie de la cuenca expuesta, cuya hidrología está determinada por la dinámica del acuífero en épocas de secas y lluvias; y por la dinámica mareal diaria y estacional; así como por los huracanes y tormentas tropicales características de la región del Caribe Mexicano (Figura 4.62 d).

Figura 4.62. Características de la precipitación en la zona de recarga del acuífero de la Península de Yucatán. B: Sentido del drenaje del acuífero. C: Descarga del acuífero en la zona costera y encuentro con la cuña salina; y D: Dinámica hidrológica en las cuencas paralelas expuestas.



El estado de Quintana Roo comprende dos Regiones Hidrológicas, Yucatán Norte y Yucatán Este. La primera, como su nombre lo infiere, se ubica hacia la porción del extremo norte del territorio estatal, ahí se encuentran la Cuenca Quintana Roo con aproximadamente la tercera parte de la superficie estatal y los cuerpos de agua L. Nichupté, L. Chacmochuch y L. Conil; también en esta Región se localiza la Cuenca Yucatán en pequeñas porciones del estado.

A la segunda Región denominada Yucatán Este, corresponden también a Quintana Roo dos cuencas que ocupan poco menos de 70% de la entidad; llamadas Bahía de Chetumal y otras donde se aprecian las corrientes superficiales Hondo, Azul, Escondido y Ucum, además de los cuerpos de agua L. Bacalar, L. San Felipe, L. Mosquitero, L. Chile Verde, L. Nohbec y L. La Virtud; mientras que en la denominada Cuencas Cerradas se tienen

únicamente cuerpos de agua y son: L. Chunyaxché, L. Chichancanab, L. Campechen, L. Boca Paila, L. Paytoro, L. Ocom y L. Esmeralda.

Está situada en la parte Norte de la Península de Yucatán, en la costa del Golfo de México, ocupa el estado de Yucatán, así como porciones de los estados de Campeche y Quintana Roo, está comprendida entre los meridianos 85°44' y 90°31' de longitud Oeste y los paralelos 19°05' y 21°37' de latitud Norte.

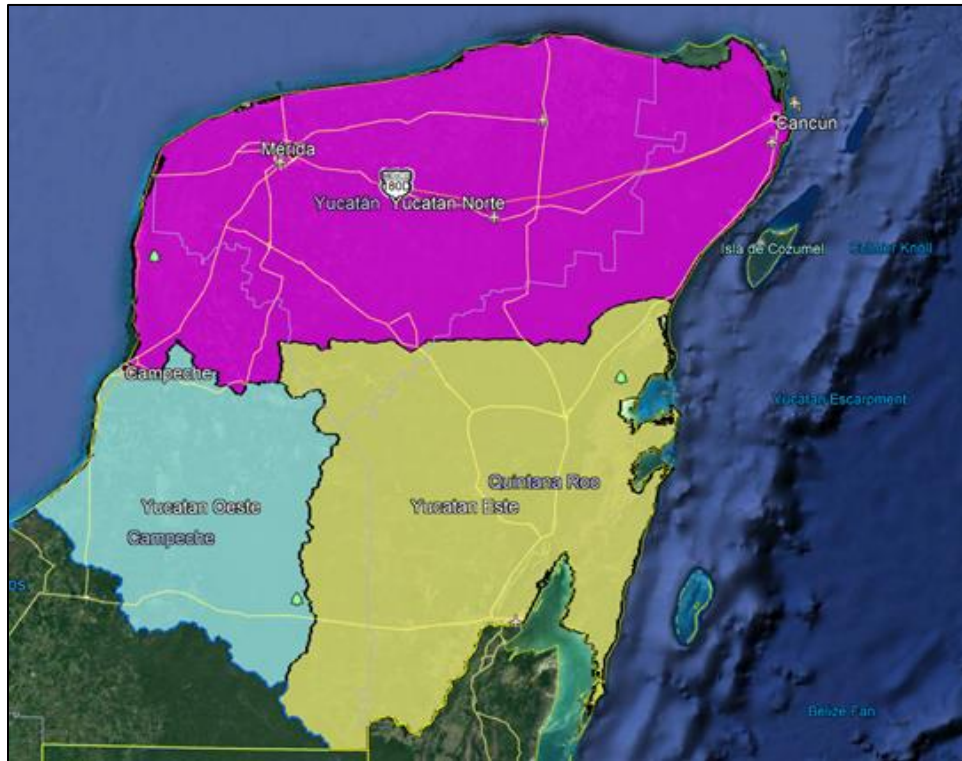
El área de esta región es de 65,143 km²; limita al Suroeste con la región hidrológica No. 31, al Sur y Sureste con la región hidrológica No. 33, al Norte y poniente con el Golfo de México, y al Oriente con el Mar Caribe.

La superficie que conforma a esta región pertenece a la Plataforma Yucateca, es bastante plana y se caracteriza por persistentes formaciones cársticas (calizas), y por la ausencia casi total de corrientes de aguas superficiales (**Figura 4.63**).

No hay ríos, ni arroyos, ni depósitos de aguas superficiales, a excepción de las lagunas que se ubican en el litoral marítimo, como lo son Conil en el Golfo de México, y Nichupté en el Mar Caribe, ambas en el estado de Quintana Roo. La hidrografía es subterránea debido fundamentalmente a las formaciones calizas permeables y solubles de la plancha cárstica regional.

Entre las características que hacen relevante a la Península de Yucatán, está la carencia de corrientes superficiales. De hecho, estas se presentan únicamente hacia sus extremos Sur en el límite con los países de Belice y Guatemala y hacia el sudoeste en los límites con los estados de Tabasco y Chiapas. Según su ubicación estos desembocan sus aguas del mar Caribe y del Golfo de México respectivamente.

Figura 4.63. Regiones hidrológicas en la Península de Yucatán.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

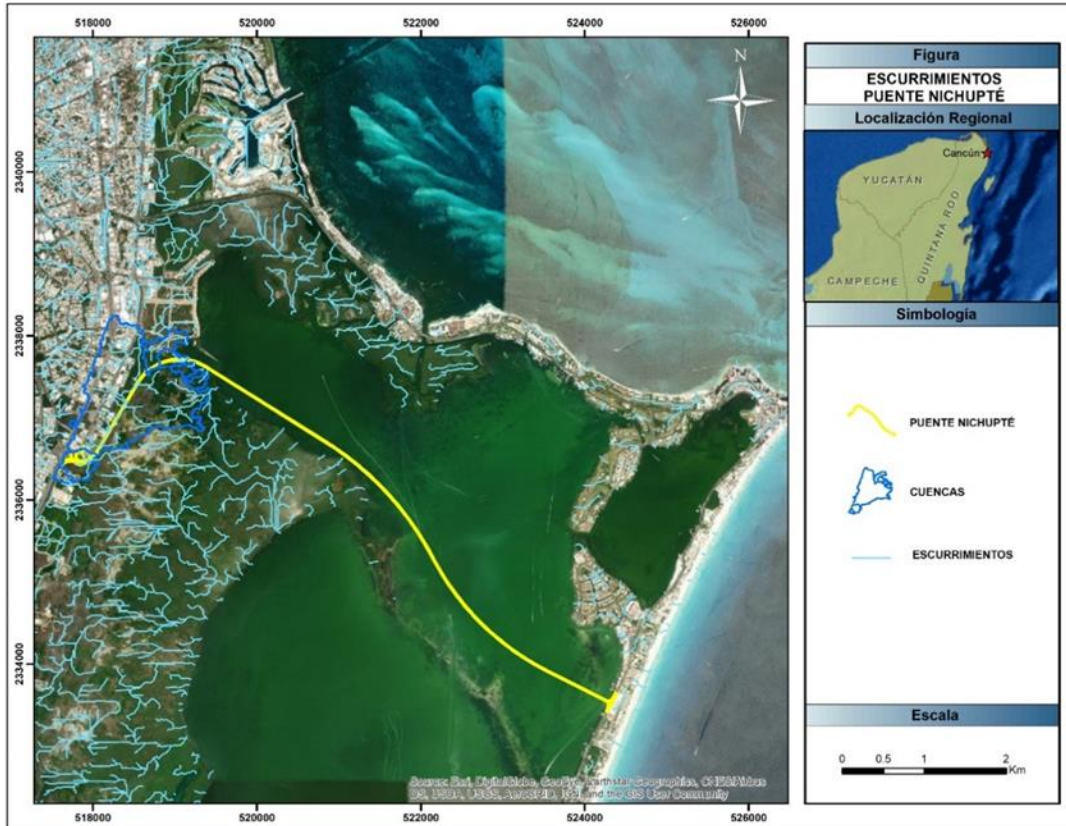
4.3.1.7.2. Hidrografía en la ZII

El área estudio, se localiza en la zona de influencia de la Región Hidrológica 32 (RH32, INEGI, carta de aguas superficiales 1: 250,000) que conforma la cuenca de Quintana Roo de régimen perenne, en cuya trayectoria sólo se integran arroyos intermitentes ya que la descarga es subterránea. Los resultados de la disponibilidad de cuencas hidrológicas publicada en el Diario oficial de la Federación el 21 de septiembre de 2020, indican que en la región hidrológica Península de Yucatán existe un volumen disponible de 0.244 millones de m³.

Aunque en la zona no se presentan arroyos ni ríos, con base en el modelo digital de elevación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, se obtuvo la configuración topográfica de la zona, y a partir de ella, la dirección de los escurrimientos superficiales. Las curvas de nivel indican que la zona de estudio tiene una pendiente topográfica baja, por lo que se considera como zona de inundación, y no existen cárcavas de cauces naturales. En la **Figura 4.64** se presenta la red hidrológica superficial, mostrando el sentido principal de los escurrimientos. Por lo anterior, el eje del puente indicado en la

figura no se ve afectado por cauces naturales, en el área de entronques, se implementarán medidas para canalizar el agua pluvial.

Figura 4.64. Red de escurrimiento superficial en la zona de Proyecto.

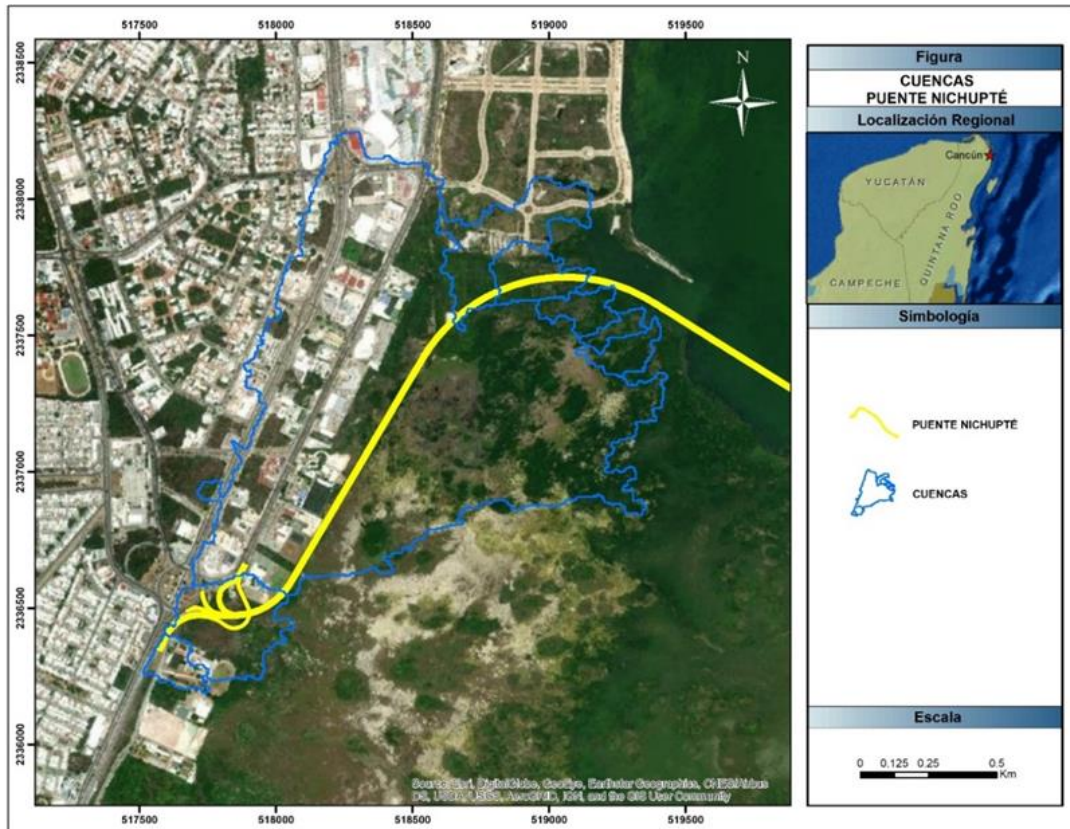


Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

Como ya se ha mencionado, la zona de estudio se caracteriza por la carencia de corrientes de agua superficiales, debido a la naturaleza cárstica del terreno y a la topografía plana que presenta alta permeabilidad. Considerando del ciclo hidrológico en la región, al no existir flujos superficiales permanentes, el agua proveniente de la precipitación que no se pierde por evapotranspiración, se infiltra al subsuelo, pasando a formar parte de la recarga del acuífero.

En la **Figura 4.65**, se muestra la sección oeste del Proyecto sobre la cuenca en la ZII, como se mostró en la imagen anterior, los escurrimientos pluviales que no se evaporan fluyen hacia el cuerpo lagunar.

Figura 4.65. Microcuencas en la zona de Proyecto.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

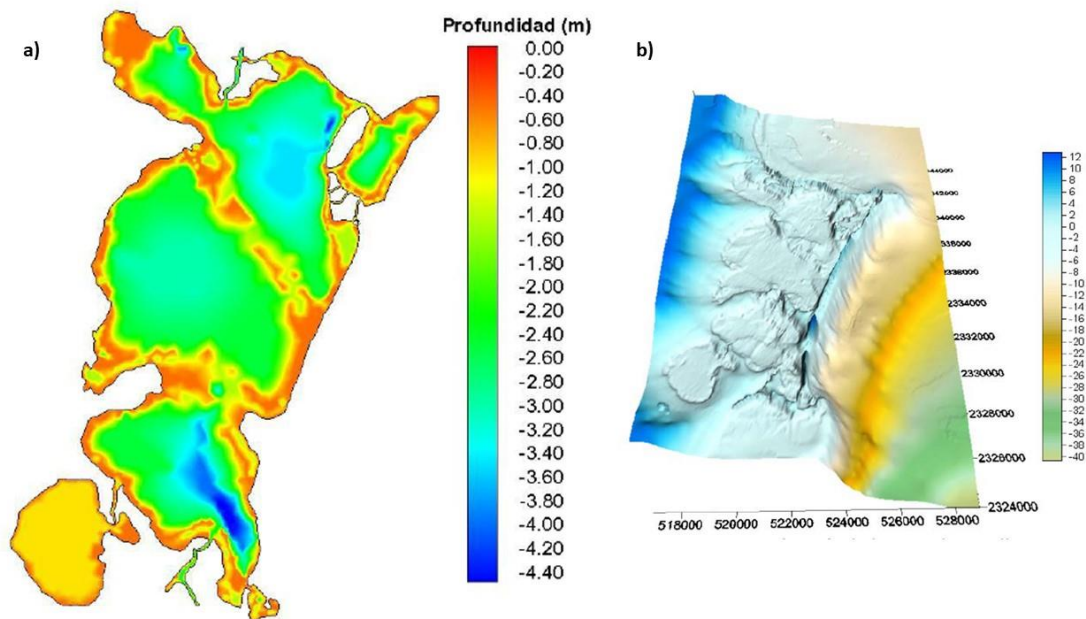
4.3.1.8. *Batimetría*

Con respecto a la profundidad del Sistema Lagunar Nichupté (SLN), hay pocos estudios técnicos encaminados a determinar la batimetría de los diferentes cuerpos de agua que lo conforman. Sin embargo, en algunos de ellos que tuvieron por finalidad conocer la condición de la biota, como el de (Jordán, De la Torre, & Angot, 1977), se mencionan datos relacionados con la profundidad del cuerpo de agua. Este estudio pretendía ser parte de un monitoreo ambiental a largo plazo, que no fue llevado a cabo; en esta nota científica se menciona que la profundidad promedio es de 1.5 – 2.0 m, alcanzando en sitios puntuales, profundidades por arriba de 3.5 m. Las zonas más profundas están asociadas con los canales de intercambio de agua con el mar (canal Cancún al norte, canal Nizuc al sur y el canal de la Zeta), la profundidad promedio se encontró entre 2.0 – 2.5 m., pudiendo alcanzar en algunas secciones hasta 5.0 m de profundidad; se distribuyen también algunos bajos, cuya columna de agua es de 30 a 40 cm.

En (Collado-Vides, 1991) y (Collado Vides & González-González, 1995), se menciona que la profundidad en general es somera, desde bajos de 10 a 30 cm hasta las zonas centrales de las cuencas con 1 a 2 m y canales de hasta 4 m.

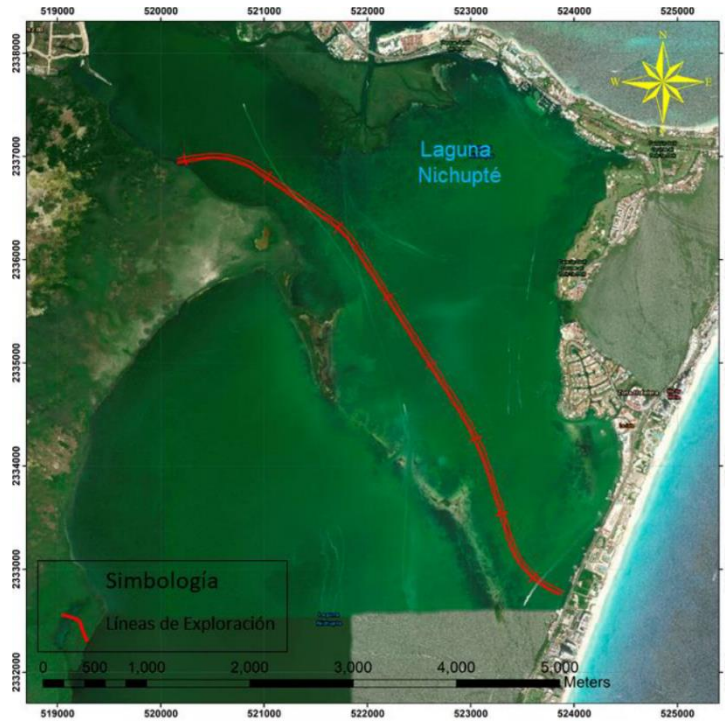
En el 2008 (Pedrozo-Acuña, Posada-Vanegas, & Silva-Casarin, 2008), hacen referencia a un modelo bidimensional realizado en dicho sistema para determinar la hidrodinámica y el papel que esta tiene en el proceso de eutrofización, derivado de crecimiento acelerado y descontrolado de Cancún. Por otro lado, el (IMTA, 2011), en su Informe final “Restauración ecológica de la laguna Bojórquez, Benito Juárez, Quintana Roo”, se retoma una imagen de la batimetría del SLN, llevada a cabo por el mismo organismo en el 2001. A continuación, en la **Figura 4.66**, se presenta el resultado de este estudio. En ambas imágenes se observan bien definidas las cuencas que conforman el SLN y las profundidades asociadas. Esta información fue determinante para establecer los límites de la ZII del Proyecto.

Figura 4.66. Batimetría en el SLN, a) IMTA 2001, b) Pedrozo-Acuña, et. al, 2008)



En septiembre del 2020, para la “Propuesta no solicitada” promovida por la AGEPRO, se realizó un “Levantamiento de perfilador acústico y batimetría para el proyecto de Puente en la Laguna Nichupté”, el estudio tomó en cuenta la propuesta de trazo que se tenía en ese momento, sin embargo, no se considera que la ubicación del trazo actual modifique considerablemente la información obtenida (**Figura 4.67**).

Figura 4.67. Ruta de la exploración 2020.

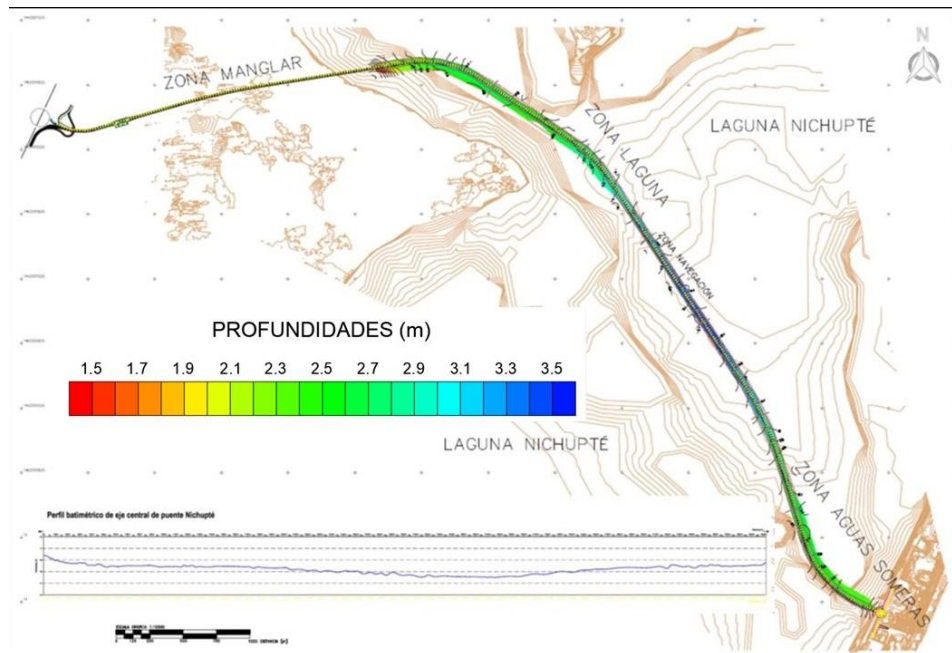


Fuente: (Propuesta no solicitada - AGEPRO, 2020)

Los resultados indicaron que la batimetría es muy uniforme, casi plana. Entre los cadenamientos 2+460 al 8+460 (6 km aproximadamente), las áreas someras se encuentran hacia los límites terrestres.

La morfología de la batimetría observada a lo largo del trazo del puente, describe una forma casi plana, con una cuenca muy suave hacia la parte central, llegando a las profundidades máximas entre los cadenamientos 5+500 a 6+100. En el sector NW la pendiente es ligeramente más suave que en el sector SE. Entre los cadenamientos 2+460 a 4+620 la profundidad decrece 1.5m –en aproximadamente 2 km-. Del cadenamiento 6+760 (isobata de 3m), al cadenamiento 8+440 la profundidad varía 1.3 m. En el sector cercano al cadenamiento 8+460 ya no se pudo navegar más debido a la cercanía de vegetación del mangle de esa zona, las profundidades en este sector llegaron a ser de 2.2 m, por lo que se estima que hay un cambio abrupto hacia el final de la laguna en ese sector, caso contrario al extremo NW, donde las profundidades en el cadenamiento 2+460 fueron progresivamente decreciendo hasta llegar a 1.4 m, punto en el cual la navegación llegó a su límite por la presencia del mangle NW (**Figura 4.68**).

Figura 4.68. Plano batimétrico de la ZID. Parte inferior izquierda: perfil batimétrico del trazo del puente (2+460 a 8+460).



Fuente: (Propuesta no solicitada - AGEPRO, 2020), modificada por GPPA.

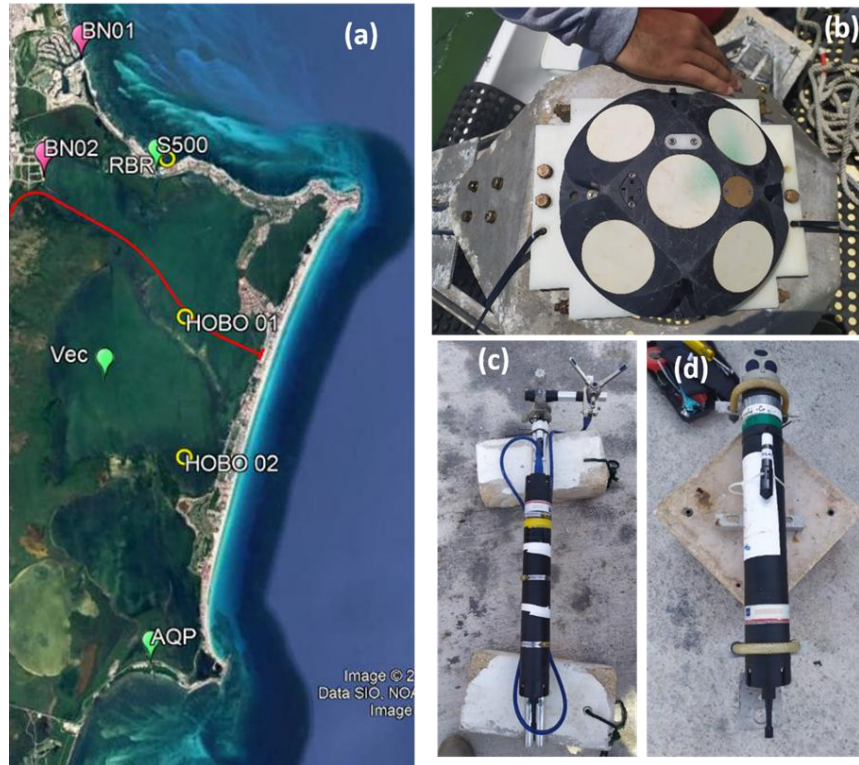
4.3.1.9. Hidrodinámica

Con la finalidad de determinar los patrones de circulación al interior de la laguna del SLN, del 12 al 17 de abril del 2021, se llevó a cabo el estudio de hidrodinámica, para conocer la influencia de las bocas norte y sur entre la laguna y el mar. Se realizó también, un modelo numérico de la circulación de agua en el SLN para hacer un primer análisis simulado de los patrones de dispersión tomando como referencia un trazador conservativo. En este estudio se modeló tanto sin proyecto, como con proyecto. Es importante resaltar que este estudio, es el primero del que se tiene registro en el SLN, en el que se hace una medición in situ de la velocidad de las corrientes y viento. A la fecha, los valores están limitados para ser comparados, puesto que hay diferencias en las metodologías empleadas y de ello resultaron tiempos de residencia del agua que difieren considerablemente.

Se colocaron sensores de presión en tres balizas dentro y fuera de la laguna para determinar la variación de la marea. Del 21 al 25 de abril, se colocaron cinco instrumentos oceanográficos adicionales para obtener datos de corrientes, nivel del agua y temperatura. Los detalles de las metodologías empleadas se pueden consultar en el **Anexo 4.5, Hidrodinámica**. En la **Figura 4.69**, se muestra la ubicación de los sensores empleados en este estudio.

Figura 4.69. (a) Mapa del Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez (SLNB), obtenido de Google Earth, que muestra las posiciones de los instrumentos instalados. Ver Tablas 1, 2 y 3 para mayor detalle. (b)

Signature 500 (S500) en boca norte (Calinda), (c) Aquadopp (AQP) y CTD Diver 01 en boca sur (Nizuc) y Vector (Vec) + CTD Diver 2 en el cuerpo de la laguna.



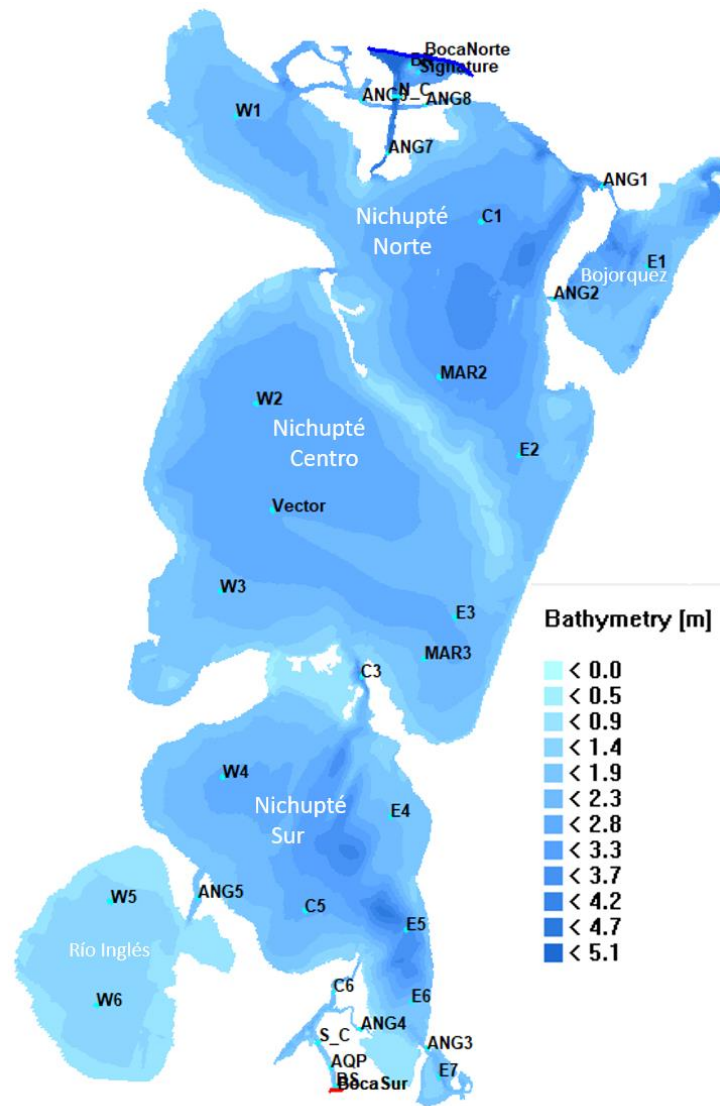
Fuente: (Hidrodinámica, 2021)

Los resultados de este estudio, como se mencionó anteriormente, fueron relevantes para establecer los límites de la ZII. Es importante señalar que a la fecha de presentación de esta MIA-R, aún se está realizando una segunda parte del estudio que incluye de manera más precisa, información acerca de la simulación en los patrones de dispersión y recomendaciones para el proyecto, esta información se ingresará en alcance una vez se haya completado por los responsables del estudio. De manera preliminar se establecieron medidas preventivas asociadas con estos resultados, para evitar la dispersión de sedimentos o contaminantes durante la preparación y construcción de las obras del Proyecto y acerca de la calidad de los materiales para evitar la generación de residuos durante la vida útil del mismo.

Con respecto a la batimetría, en la **Figura 4.70**, se muestran las diferentes cuencas que conforman el SLN. Las más aisladas son la laguna Bojórquez (E1) y el Río Inglés (W5 y W6). La cuenca central, donde se instaló el Vector (Nichupté Centro), es la más amplia y somera. La cuenca sur de Nichupté es la que tiene las profundidades más grandes llegando hasta 5 m en algunas secciones. Los marcadores que comienzan con una letra “E” están ubicados en el este del dominio, los que tiene una letra “C” están en el centro, “W” son

aquellos que están en el oeste, y los denominados “ANG” se encuentran en las angosturas de la laguna.

Figura 4.70. Batimetría medida. Los marcadores son puntos de observación para monitorear el desempeño del modelo.



Fuente: (Hidrodinámica, 2021)

Los resultados obtenidos de la medición de los niveles de agua al interior del SLN, muestran que hay una atenuación cerca de la mitad con respecto a los valores que se obtienen del sensor en la boca norte, en el puente Calinda 0.8 m. y 0.22 m. respectivamente. Con respecto a las corrientes, se determinó que hay un balance en la boca norte entre las velocidades de entrada de agua con respecto de las de salida, indicando que esta es clave

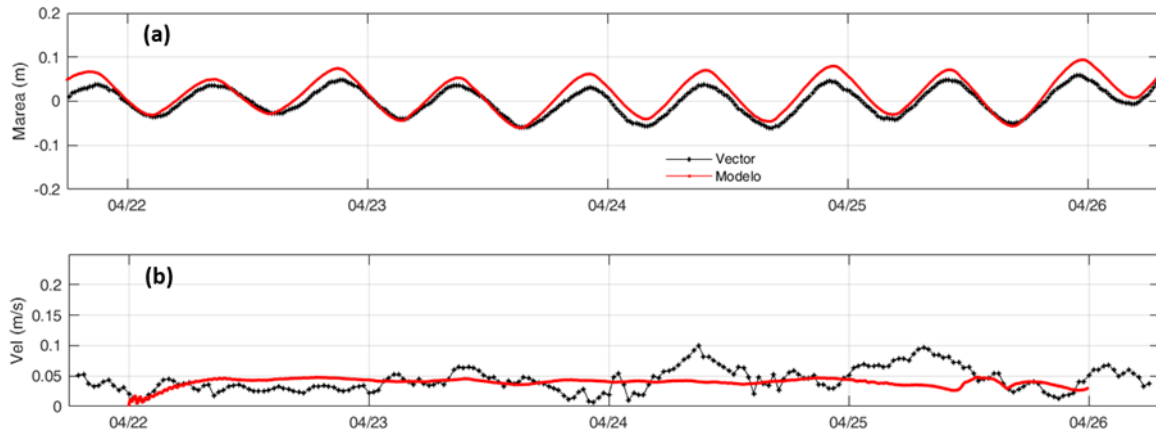
en el intercambio de agua. Por el contrario, la boca sur muestra variaciones más atenuadas en el nivel del mar y esta tiene una función principalmente de entrada de agua marina.

Con respecto a las corrientes medidas en la cuenca central, los valores indican que hay una circulación muy reducida, al registrarse velocidades de 0.01 m/s. En cuanto al comportamiento de las corrientes en la vertical, los resultados indican que las condiciones son uniformes en toda la columna de agua. Esto da certidumbre que un modelo promediado en la vertical resolverá adecuadamente la dinámica del SLNB.

Con respecto a la salinidad, la boca sur presenta valores muy constantes que denotan la influencia de agua marina (36.5 ups), la cual se va diluyendo en el transcurso de tres días aproximadamente hasta alcanzar valores de 29 g/kg. La temperatura fluctúa de igual manera, con diferencia entre el día y la noche, siendo para el primero de alrededor de 31.2 °C, a 27.5° C por la noche y madrugada.

Una de las pruebas más importantes en estos ejercicios de validación es el comparar las velocidades generadas con el modelo con las medidas in situ. La **Figura 4.71 b**, muestra esa comparación, demostrando que el modelo del SLNB reproduce satisfactoriamente la magnitud de la velocidad para la mayor parte del tiempo comparado. Se presupone que aquellos momentos en donde el modelo diverge de las observaciones pudiera estar vinculado con procesos o forzamientos no incluidos en este modelo del SLNB, como, por ejemplo, los aportes de agua continental, que pueden contribuir directamente al movimiento del agua actuando como una fuerza mecánica de empuje (i.e. como un río), y la segunda vía de contribución puede ser a través de los gradientes de densidad. Sin embargo, se considera que, para los fines de este estudio, la validación presentada en la Figura 4.71 es suficiente.

Figura 4.71. Comparación entre el modelo numérico (en rojo) y las mediciones en la cuenca de Nichupté central (negro). (a) Niveles de mar, (b) magnitud de la velocidad. Tiempo en GMT.



Fuente: (Hidrodinámica, 2021)

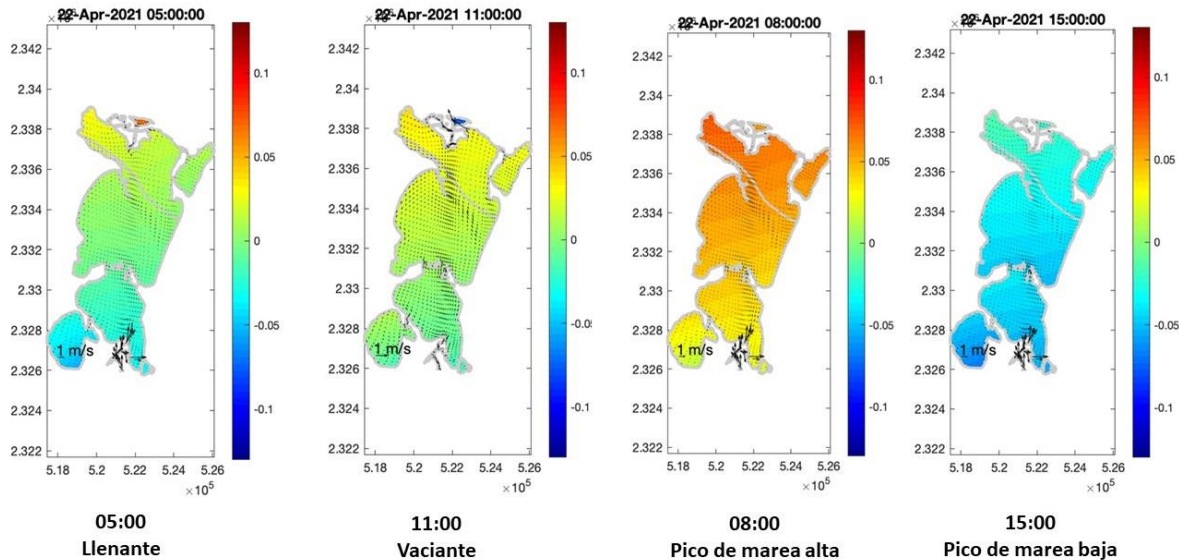
Los resultados del modelo de circulación muestran que, la laguna tiene una circulación con flujos muy moderados en el interior de las cuencas, pero con velocidades considerables en las angosturas, las cuales se encuentran claramente moduladas por las mareas. Aun cuando se considera que la marea tiene poca influencia en la circulación del sitio, puede observarse en la Figura 4.71a, que la circulación está fuertemente determinada por las mareas donde las máximas velocidades se presentan en los canales y angosturas. La magnitud de éstas es casi el doble en los momentos del flujo y reflujo (1.1 m/s) de la marea que en los momentos del cambio de la marea (pico de marea alta) cuando todas las velocidades se disminuyen drásticamente excepto en la Boca Sur. La región sur cercana a la boca está dominada por un flujo intenso de entrada de agua, que disminuye ligeramente en la salida (vaciante). Las principales diferencias en la circulación a lo largo del ciclo mareal semidiurno se presentan al norte y en la parte central (**Figura 4.72**). Los detalles se pueden consultar en el **Anexo 4.5 Hidrodinámica**.

En los momentos del cambio de mareas (calma de mareas), que corresponden al final de la marea alta y baja, las corrientes en el interior de la laguna se ven mayormente influenciadas por el viento y por el flujo de ingreso en la Boca Sur. La boca norte casi no presenta velocidades, lo cual se indica con el tamaño reducido de las flechas, el movimiento al interior lo genera el empuje de la entrada de agua desde la boca sur (**Figura 4.72**)

En el momento de cambio de marea, al contrario de lo que sucede en la calma de mareas altas, el momento de cambio de marea (pico de mareas bajas) se encuentra desfasado de la marea más baja. En la boca norte las corrientes disminuyen hasta tener un mínimo un par de horas después de que ocurre el nivel más bajo, cuando el nivel ya se encuentra iniciando a subir. El flujo está dominado de igual manera por el flujo de ingreso en la boca

sur, en este momento se puede generar un “cuello de botella” intentando la salida por la boca norte estrecha y sujeta al bombeo de mareas (Figura 4.72)

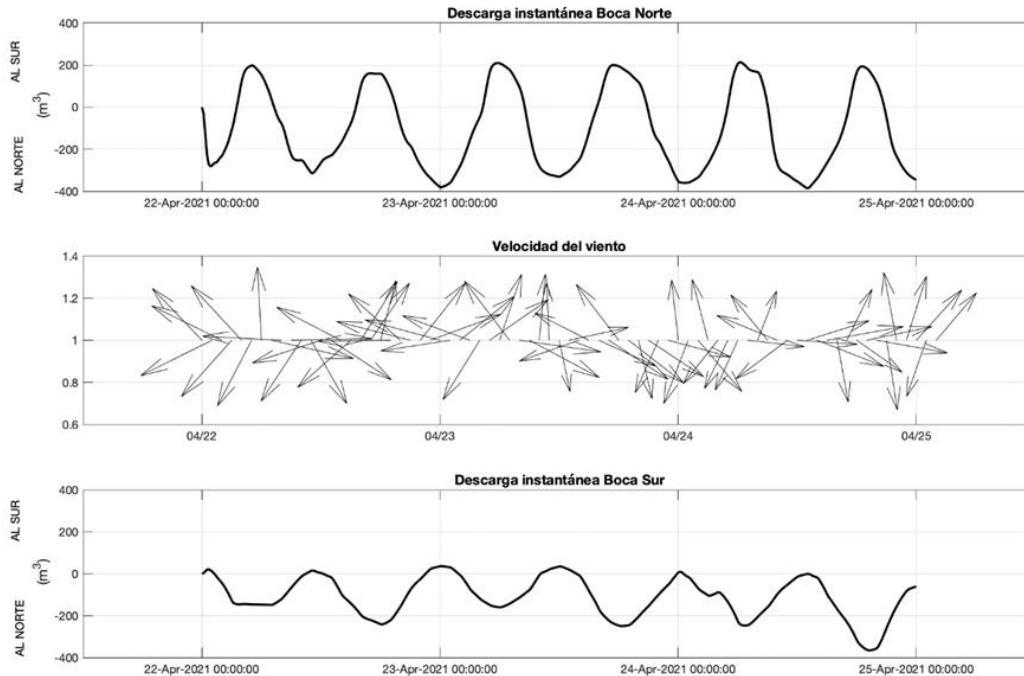
Figura 4.72. Corrientes instantáneas (m/s - flechas negras) durante el flujo de la marea (llenante) al forzar con las velocidades medidas en la Boca Sur, las variaciones del nivel del mar en la Boca Norte y el viento medido en la estación de Puerto Morelos para los días de las mediciones. Los colores indican el nivel de la superficie del agua (m).



Fuente: (Hidrodinámica, 2021), modificada por GPPA.

Además de analizar las variaciones espaciales asociadas con la marea, corrientes y viento, se analizaron con el modelo, los flujos de intercambio en las dos bocas del sistema lagunar. Los flujos o descargas instantáneas (**Figura 4.73**) son radicalmente distintas en ambas bocas. En la Boca Norte, el flujo oscila con frecuencia semidiurna (dos veces al día) alternando su dirección al Norte (descargas negativas). En la boca sur, prácticamente la dirección se mantiene constante hacia el norte, el flujo disminuye durante la marea baja y se acelera durante la marea alta. La inversión del flujo hacia el Sur (descargas positivas) ocurrió únicamente en tres momentos durante el período de mediciones y la descarga fue muy cercana a cero.

Figura 4.73. Serie temporal de los flujos o descargas instantáneas en las bocas Norte (panel superior) y Sur (panel inferior) del sistema lagunar. En el panel central se muestra la dirección del viento durante el mismo período de tiempo.

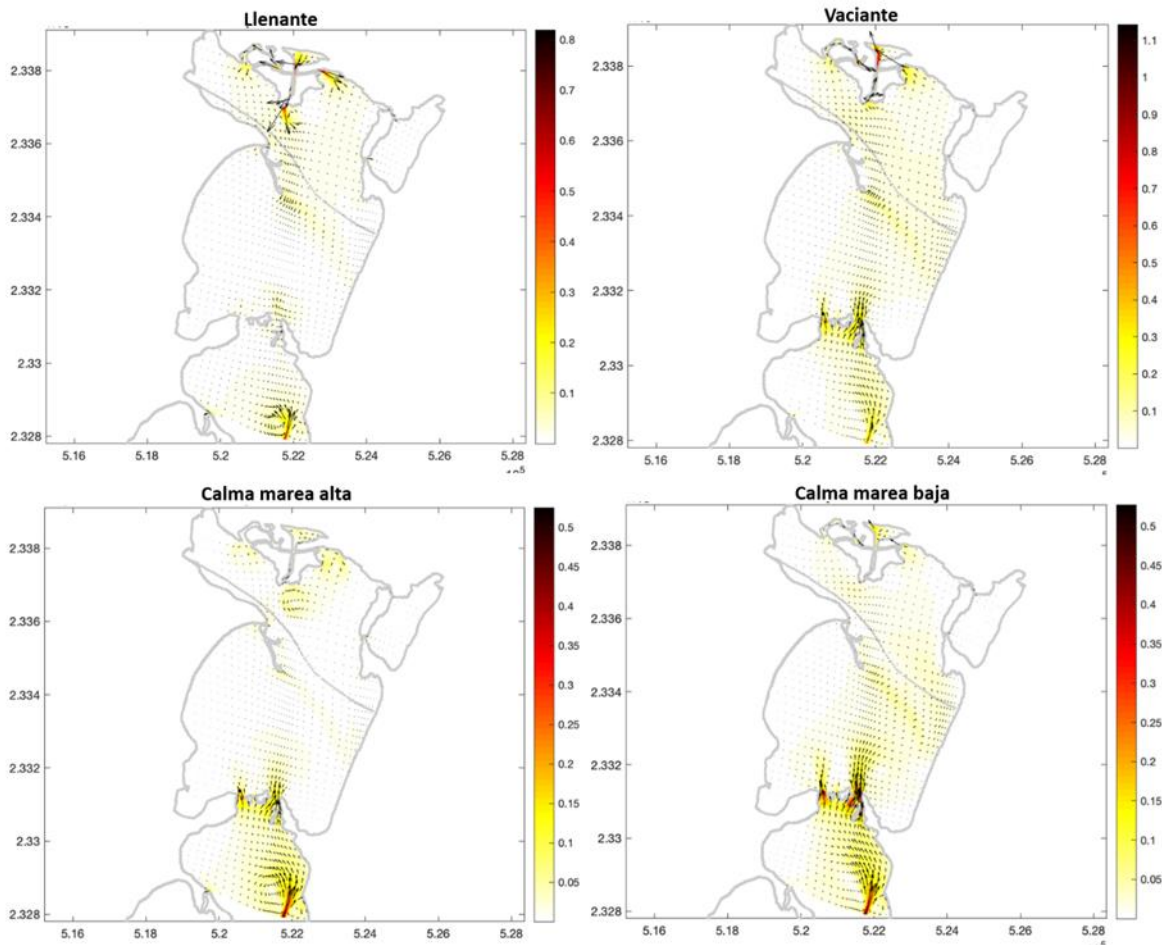


Fuente: (Hidrodinámica, 2021)

Es relevante resaltar que, en los casos anteriores, los resultados muestran que el efecto en la boca sur se mantiene casi constante y genera una circulación hacia el norte. La simulación se hizo de acuerdo con la dirección del viento dominante proveniente del SE y los vientos más intensos son del SSE y NNE. Existe un porcentaje no despreciable de vientos del NW, que se dan durante la época de nortes, pero con intensidades regularmente bajas (<5 m/s).

En la **Figura 4.74**, se hace una simulación considerando solo el efecto de la marea (sin viento) en los cuatro momentos principales (llenante, calma de marea alta, vaciante y calma de marea baja), las velocidades son considerables (>0.2 m/s) en buena parte del SLNB, la mayor velocidad se alcanza en la boca norte. En la calma de marea las velocidades más intensas se dan en las angosturas que comunican la cuenca central con la sur, con valores de hasta 0.4 m/s en la calma de marea baja. El hecho de que la circulación en la región sur sea invariante bajo todas las condiciones, es un indicativo de la gran influencia que tiene la circulación por la boca sur, la cual es persistentemente de entrada, como se midió durante el período reportado. Esto tiene influencia en toda la cuenca sur del SLN, generando circulación hacia el norte.

Figura 4.74. Cuatro momentos de la circulación del SLNB para el experimento 1 con solo mareas (sin viento). Valores en m/s.

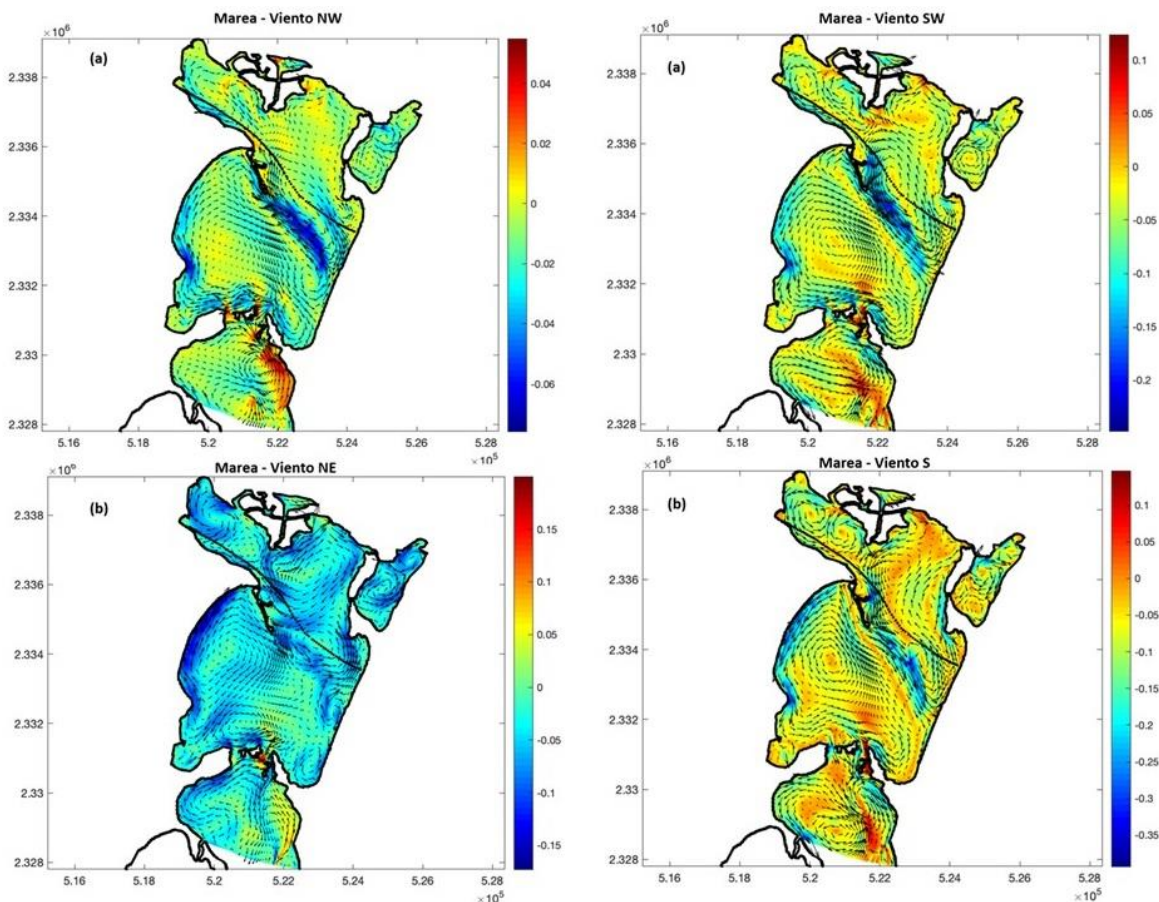


Fuente: (Hidrodinámica, 2021)

En la **Figura 4.75a** (izquierda), se muestra el efecto de los vientos dominantes sobre la circulación del agua al interior de cada una de las cuencas que conforman el SLN. Las velocidades más intensas (de 0.06 m/s) se generan en el banco de arena que divide las cuencas norte y central de Nichupté, y en la costa NW de la cuenca central, formando una amplia celda de circulación anticiclónica en esta cuenca. La cuenca norte presenta una pequeña celda anticiclónica en su extremo NW, y el resto presenta velocidades bajas. La cuenca sur sigue dominada por los efectos de mareas y flujos por las bocas. En la **Figura 4.75b** (izquierda) el modelo es con vientos del NE, muestra celdas anticiclónicas persistentes en todas las cuencas, excepto en la sur que está influida por los vientos de entrada.

En la **Figura 4.75a** (derecha) los vientos dominantes son del SE y en la “b” son del S, la predominancia es de la marea, sin embargo, en los bancos someros de la cuenca central y en la costa NW de esta, los vientos predominan y originan una circulación con giros ciclónicos. Esta inversión de los giros bajo vientos del SE y S es un indicativo de que este sistema debe de estar bien mezclado bajo condiciones cambiantes de viento.

Figura 4.75. Circulación residual de viento, valores positivos indican dominancia de mareas y valores negativos son dominancia de viento de distintas direcciones. Izquierda: (a) viento del NW y (b) viento del NE. Derecha: (a) viento del SE y (b) viento del S. Valores en m/s.

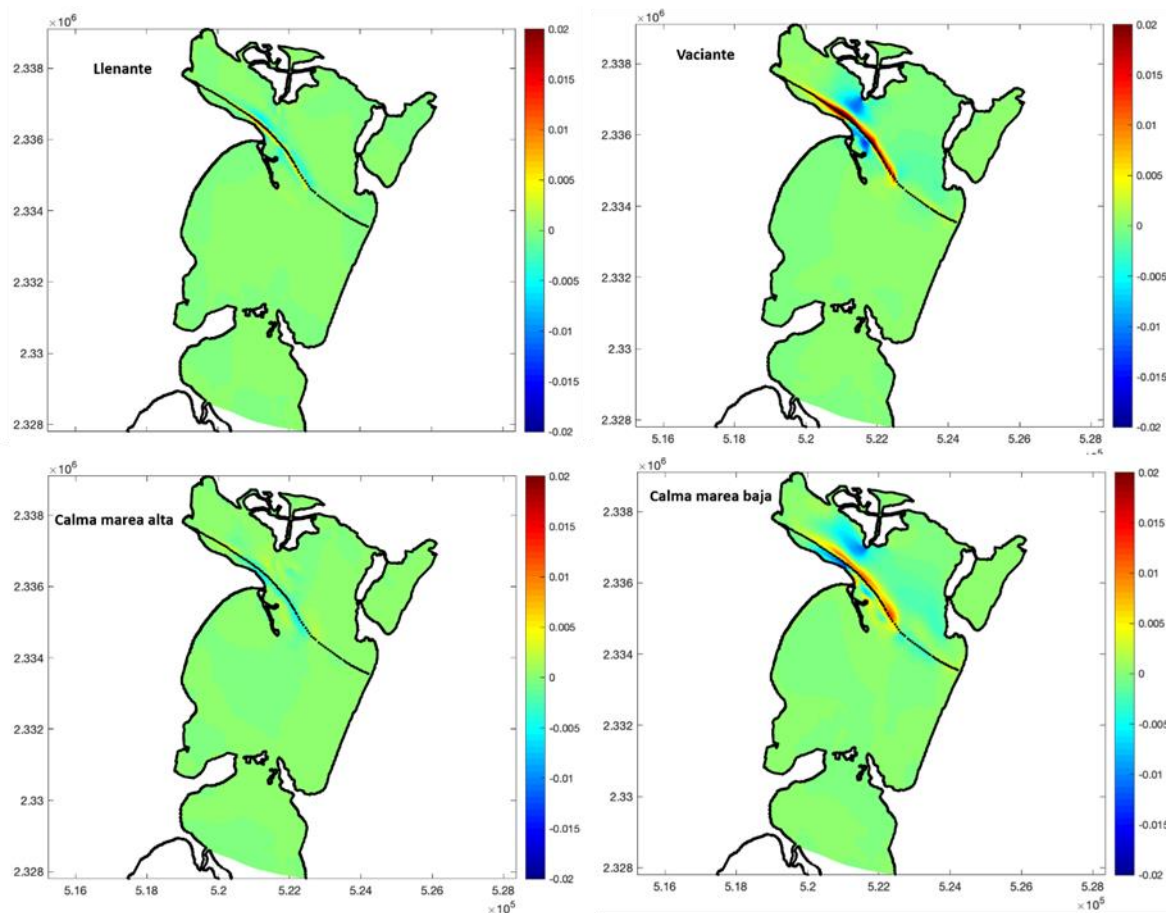


Fuente: (Hidrodinámica, 2021), modificada por GPPA.

Con respecto al efecto que podría tener el Proyecto en el SLN, principalmente en la circulación y por lo tanto en un probable efecto en la dispersión de contaminantes, se realizaron los mismos experimentos que sin puente, el modelo simuló la presencia de pilas cada 40-60 m a todo lo largo del puente y modeló un trazador conservativo. En la **Figura 4.76**, solo modelando mareas, los resultados indican que el Proyecto solo modificará la circulación en la zona aledaña a él, justo debajo, y hacia la boca norte entre la vaciante y la

marea baja. Las reducciones/incrementos en velocidad son del orden de 0.02 m/s, pequeños, pero quizá suficientes para generar efectos en la dispersión de sustancias; en algunos casos las velocidades en el área próxima disminuyen y en otros casos aumenta, sus efectos no influirán en las cuencas aledañas. En la modelación al incorporar el viento, los resultados son similares, la diferencia consiste en que los giros de las corrientes de circulación son en sentido contrario y en el sistema de forma natural, los casos en los que se podrían presentar los efectos ocasionados por viento son pocos a lo largo del año.

Figura 4.76. Diferencia entre cuatro momentos de la marea (sin viento). Valores positivos (en m/s) significan una reducción de velocidades por el puente.



Fuente: (Hidrodinámica, 2021)

Con respecto a este estudio, es importante resaltar que lo que aquí se presenta es una primera aproximación, puesto que es la primera vez que se miden las corrientes. Como parte de las medidas de prevención y mitigación, en el capítulo 6 se plantean estrategias para evitar la dispersión de sedimentos y control de contaminantes durante la fase de preparación y construcción, así como, se incluirá un programa de monitoreo para ampliar

la información con respecto a la respuesta del sistema, principalmente en la cuenca norte donde se desarrollará el Proyecto, para determinar con una mayor cantidad de datos, los efectos que podría tener el proyecto, e implementar las medidas correspondientes en el sistema de manejo, que, tiene un carácter de adaptativo, precisamente para ajustarse según lo requiera el Proyecto y el entorno en el que se desarrolla. Cabe resaltar que, en noviembre del 2021, el responsable técnico del estudio de hidrodinámica, proporcionó un informe complementario (Anexo 4.5.1) en el que indica algunas medidas que se podrían llevar a cabo para mejorar la calidad del agua al interior de la cuenca norte donde se ubicará el Proyecto, así como, otras que podrían tener influencia a nivel del SLN, las cuales deben evaluarse de forma integral y a otro nivel de toma de decisiones, considerando que se requiere una gran inversión de recursos económicos, así como, acciones conjuntas, integrales y con la participación de todos los sectores, para que la condición en el SLN mejore y a su vez, mejore la calidad de los ecosistemas que conforman el APFFMN, teniendo en cuenta que, el ecosistema de manglar incluye los cuerpos de agua que determinan su hidropereodo. Algunas de las medidas que se proponen, involucran el vertido controlado de agua con tratamiento terciario en el manglar en tajamar y en el manglar en la zona oeste, por otro lado, la apertura de un canal en la cuenca norte que permita mayor flujo de agua o, el bombeo de agua marina a la laguna Bojórquez (SIBEO – Sistema de bombeo por energía de oleaje), lo cual, es una acción que fue propuesta en 2006 por el Dr. Czitrom, que no se desarrolló por falta de recursos. Las acciones que se mencionan en el complemento al estudio, podrían tener un alcance más allá de la cuenca norte, que ayudarían a mejorar la calidad en cierta medida a nivel de SLN, son propuestas que, como se mencionó anteriormente, requieren un estudio profundo y análisis de pros y contras que rebasan el alcance que puede tener el Proyecto que aquí se evalúa.

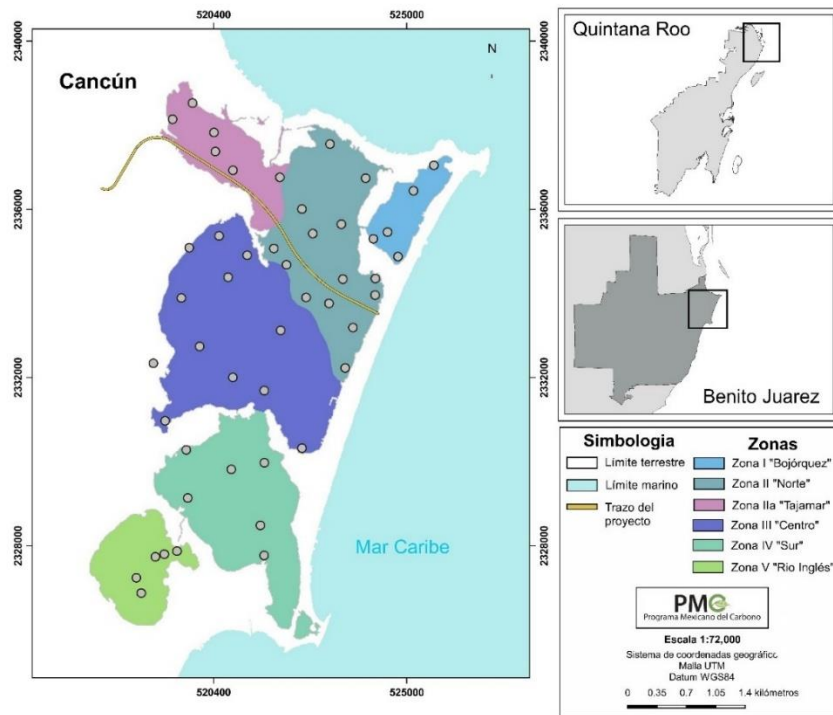
4.3.1.10. Diagnóstico Ambiental del Agua

4.3.1.10.1. Caracterización en el Sistema Lagunar Nichupté

En el primer semestre de 2021, se llevó a cabo un estudio específico del agua estuarina-marina superficial en el cuerpo lagunar, denominado “**Diagnóstico ambiental del agua**” (Anexo 4.6). Se midieron parámetros tales como: profundidad (m), temperatura (°C), pH, salinidad (ups), oxígeno disuelto (mg l-1), todos, con sondas multiparamétricas; la profundidad se determinó con un profundímetro HONDEX PS-7. Adicionalmente se colectaron muestras para el posterior análisis de nutrientes, clorofila-a; estos son indicadores del estado trófico del sistema, un ambiente con bajas concentraciones de

nutrientes (oligotróficos), mesotrófico, estado medio de nutrientes y producción biológica; eutrófico, ricas en nutrientes y altamente productivas; e hipereutrófico o distrófico, alto enriquecimiento de nutrientes y crecimiento excesivo de productores primarios (fitoplancton, macroalgas) (UKEA, 1998). Se midió también la cafeína, este último es un indicador de los impactos antrópicos, por ser un compuesto contenido en productos de consumo solo de humanos y significa que ha llegado al sistema proveniente de aguas residuales vertidas al sistema. En la **Figura 4.77**, se representan las zonas en las que se dividió el SLN para el análisis de calidad del agua (Zona I – Bojórquez, Zona II - Zona norte, Zona IIa – Tajamar, Zona III – Zona central, Zona IV – Zona sur y Zona V – Río Inglés). Los círculos representan los sitios de muestreo. La especificidad de este estudio y sus resultados serán un referente para los resultados de los monitoreos que se hagan con relación al Programa de Monitoreo Ambiental y al Plan de mejoramiento ambiental, ambos descritos en el Capítulo 6 de esta MIA-R.

Figura 4.77. Sitios de muestreo en las cuencas en que se dividió el SLN para este estudio.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

Para determinar la calidad del agua se aplicó el índice trófico TRIX de acuerdo con lo propuesto por Jorgensen et al. (2005) y Vollenweider et al. (1998). Este índice resume en un valor numérico escalado del 0 a 10, las condiciones tróficas del sistema de las aguas costeras (**Tabla 4.16**). Este indicador es la combinación lineal de cuatro variables (oxígeno

disuelto, clorofila “a” (Cl-a), fósforo reactivo soluble (FRS) y nitrógeno inorgánico disuelto (NID=NO₂⁻ + NO₃⁻+ NH₄⁺).

Tabla 4.16. Escala de clasificación de los niveles tróficos del índice de TRIX.

Índice TRIX	Nivel trófico	Calidad del agua	Característica del agua
2 a 4	Oligotrófico	Muy buena 	Productividad baja, nivel trófico bajo
4 a 6	Mesotrófico	Buena 	Productividad moderada, nivel trófico medio
6 a 7	Eutrófico	Regular 	Productividad moderada-alta, nivel trófico medio-alto
7 a 9	Hipereutrófico	Mala 	Productividad alta-muy alta, nivel trófico alto-muy alto

Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021), modificado de Vollenweider, 1998.

Este índice fue desarrollado para aguas transparentes, con pocos nutrientes y fitoplancton como las del Caribe mexicano, por ello, la condición que se espera es de oligotrófica (muy buena). Jordán et al., (1978) describió al Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez como oligotrófico; sin embargo, actualmente presenta signos de eutrofización lo cual se pudo confirmar con los resultados obtenidos en este estudio. A continuación, se presentan los resultados gráficos presentados, los detalles se pueden consultar en el Anexo antes referido.

En la **Figura 4.78**, se presenta la variación espacial de la temperatura en el SLN. En la (**Figura 4.79**), se presentan los datos de salinidad en el SLN, se incluyen los puntos que representan los manantiales, como factores que influyen en las concentraciones de los compuestos en las cuencas que conforman el sistema. En la **Figura 4.80**, se muestran las variaciones del oxígeno disuelto en el SLN. En la **Figura 4.81**, se representan las variaciones del pH en el sistema. En la (**Figura 4.82**) y **Figura 4.83**, se presentan las variaciones de nitratos y nitritos. En la **Figura 4.84**, se muestran los datos de amonio. En la **Figura 4.85**, se pueden observar los datos obtenidos para el fósforo reactivo soluble. En la **Figura 4.86**, se observan los resultados del sílice reactivo soluble. En la **Figura 4.87**, se presentan los datos de concentración de clorofila-a.

A continuación, se describen de manera general los resultados obtenidos para cada parámetro referido en el párrafo anterior. Los resultados completos se pueden consultar en el **Anexo 4.6 Diagnóstico Ambiental del Agua**.

Temperatura

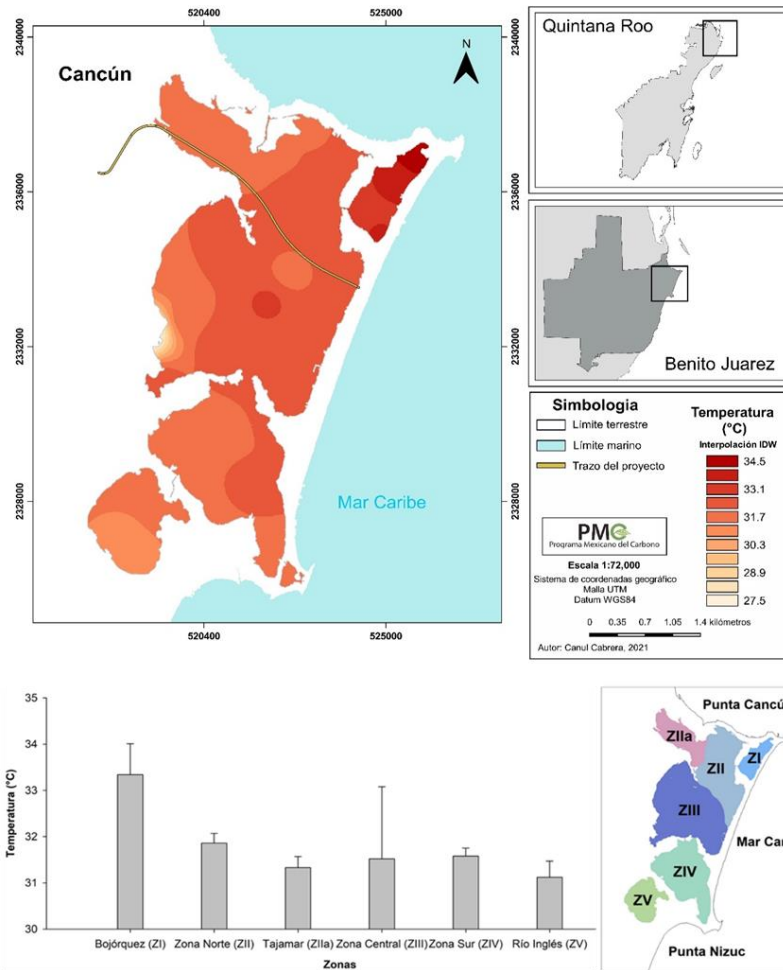
Con respecto a la temperatura, los valores promedio variaron entre 27.8 ± 0.70 a 33.3 ± 0.67 °C, registrando diferencias significativas entre zonas ($H=31.06$, $p<0.05$). El valor máximo se registró en Bojórquez (ZI) (33.34 ± 0.67 °C), mientras que en las demás zonas los promedios estuvieron alrededor de 31.5 °C. (**Figura 4.78**).

Las diferencias espaciales en los valores de temperatura obedecen a que existen zonas de aislamiento con escaso intercambio de agua, tal es el caso de Bojórquez; mientras que, en las inmediaciones de tierra firme las bajas temperaturas registradas estarían reflejando la influencia de descargas de aguas subterráneas y manantiales cuya temperatura es menor (≈ 30 °C). Estas zonas coinciden espacialmente con la ubicación de los manantiales registrados por Carbajal (2009).

En la zona central de la laguna existe una alta variación de este parámetro, puesto que en el extremo oeste se observan relativamente bajas temperaturas en comparación con el lado este en donde la radiación solar en las aguas someras genera aumento de esta variable; también el efecto particular en los sitios aislados explica el patrón espacial observado en la temperatura. Así mismo, la temperatura relativamente más baja en la zona sur podría estar influenciada por el ingreso de masas de agua más fría provenientes del mar Caribe y aportes de agua continental (Carbajal-Pérez, 2009).

El trazo del puente vehicular pasa por aguas mezcladas en la zona este (oriente) y por aguas con descargas subterráneas en la parte oeste (poniente).

Figura 4.78. Variación espacial de la temperatura (°C) en el SLNB en abril 2021.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

Salinidad

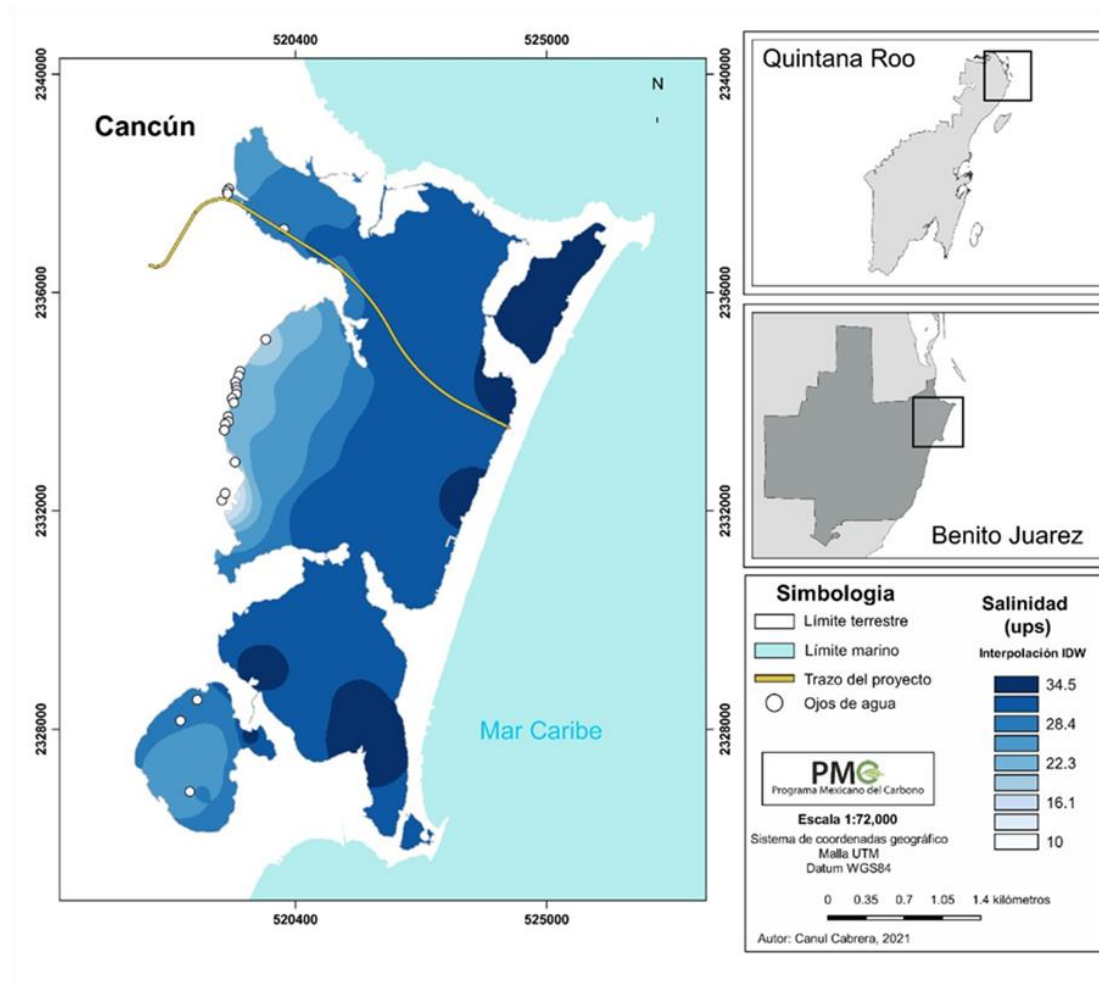
El promedio de salinidad fue de 28.16 ± 4.74 ups. Estadísticamente, la salinidad al interior del SLN presentó diferencias significativas ($H=37.82$, $p<0.05$) entre zonas.

Los resultados obtenidos para este componente muestran dos grandes grupos. El grupo con alta influencia de agua dulce (valores promedio <28 ups), conformado por las zonas Tajamar (ZIIa), Central (ZIII) y Río inglés (ZV). En estas zonas el gradiente se presenta de tierra firme hacia laguna (**Figura 4.79**) asociado al agua dulce suministrada vía manantiales, descargas subterráneas o escorrentías procedentes de tierra firme. El promedio más bajo de salinidad se registró en la zona Central (ZIII), siendo también registrada la mayor variación (24.27 ± 6.19 ups) con respecto al total de zonas evaluadas; esto es resultado de mayor presencia de manantiales (Carvajal, 2009), estos están representados en la figura referida por círculos blancos, un factor que ayuda a mantener salinidades menores es el

tamaño de esta cuenca, al ser muy extensa tiene la oportunidad de mezclarse con aguas más saladas. El otro grupo lo conforman Bojórquez (32.5 ± 1.11 ups), zona Norte (30.81 ± 0.86 ups) y zona Sur (31.18 ± 1.15 ups), presentándose valores promedio de $\approx 31.5 \pm 1.15$ ups. En las zonas Bojórquez y Norte (ZI y ZII), la escasa profundidad, ausencia de manantiales, el alto tiempo de residencia del agua y el proceso de evaporación, pueden estar influenciando el registro de estos valores altos de salinidad, mientras que en la zona Sur (ZIV), es resultado de la influencia del agua proveniente del mar Caribe.

El Proyecto, pasa por zonas con salinidad características del mar en la parte oriente mientras que en el extremo poniente las aguas son más estuarinas. Esto debe ser tomado en consideración ya que al hacer las excavaciones o perforaciones se debe procurar que estas condiciones se mantengan para no modificar las concentraciones de salinidad y los patrones de circulación por diferencias de densidad en la laguna (**Figura 4.79**).

Figura 4.79. Variación espacial de la salinidad (ups) en el SLNB en abril 2021.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

Oxígeno disuelto

Los promedios en la concentración de oxígeno disuelto (OD) a lo largo de todo el sistema lagunar, presentaron un mínimo de 5.12 ± 1.0 en la zona Sur (ZIV) y un máximo en Bojórquez (ZI) de 8.1 ± 3.1 mg l⁻¹. Las diferencias entre zonas fueron estadísticamente significativas (H=19.25, p<0.05).

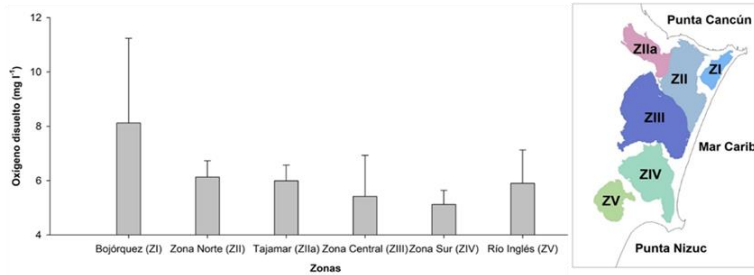
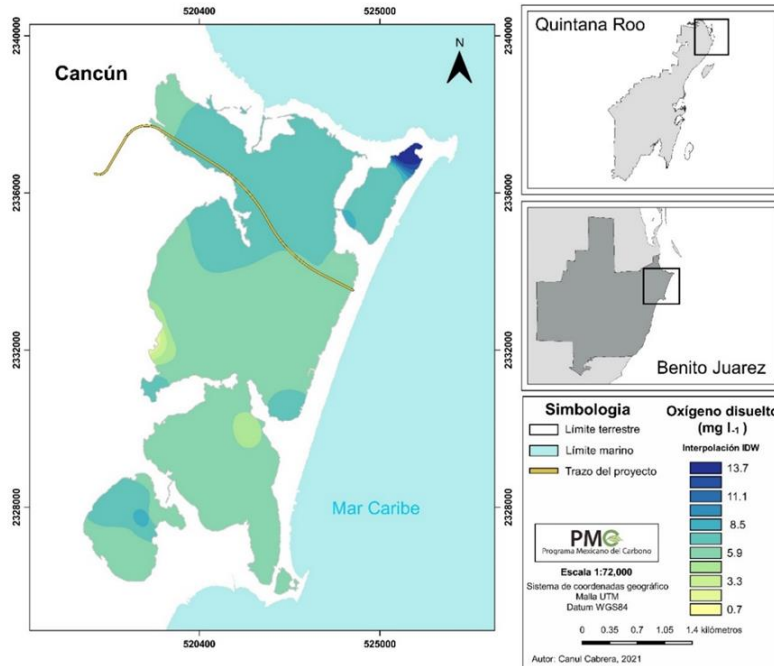
De acuerdo con los criterios ecológicos de calidad del agua del CE-CCA-001/89 (DOF, 1989), el límite mínimo para un cuerpo de agua marino es de 5 mg l⁻¹, por lo que de manera general el sistema sigue siendo “apto” para la vida acuática ya que no presenta condiciones hipóxicas puntuales (**Figura 4.80**). Debido a la baja profundidad del agua el viento facilita los proceso de mezcla vertical por fricción, lo cual favorece la oxigenación de la columna de agua; mientras que en la zona de Bojórquez los altos valores de OD (13.61 mg l⁻¹) podrían deberse a dos procesos; a) influencia de los vientos (predominantemente del este

y noreste), b) alta producción primaria de organismos fitoplanctónicos presentes en el agua (Carbajal-Pérez, 2009) ya que al presentar altas concentraciones de nutrientes puede soportar altas densidades de estos organismos.

El oxígeno se relaciona con la eutrofización cuando el flujo neto de los nutrientes limitantes incorporados a la biomasa de las plantas es tal, que la tasa de producción de nueva materia orgánica excede la tasa neta de suministro de oxígeno (desde aire local/intercambio de agua y fotosíntesis) requerida para oxidarla a esto definió Mee (1988) como eutrofización crítica. En este sentido la determinación de tasas de respiración se vuelve significativas, ya que esas son las medidas precisas de consumo de oxígeno referidas en la definición. Además, los valores de producción neta son buenas estimaciones del balance entre los dos procesos involucrados (producción y oxidación (respiración) de materia orgánica).

De acuerdo con los resultados observados y a estudios previos de Merino et al, (1992), es posible que algunas partes de la laguna como la zona de Bojórquez dependan enteramente del suministro de oxígeno atmosférico en vez del suministrado por la fotosíntesis.

Figura 4.80. Variación espacial de oxígeno disuelto (mg l-1) en el SLNB, abril 2021.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

pH

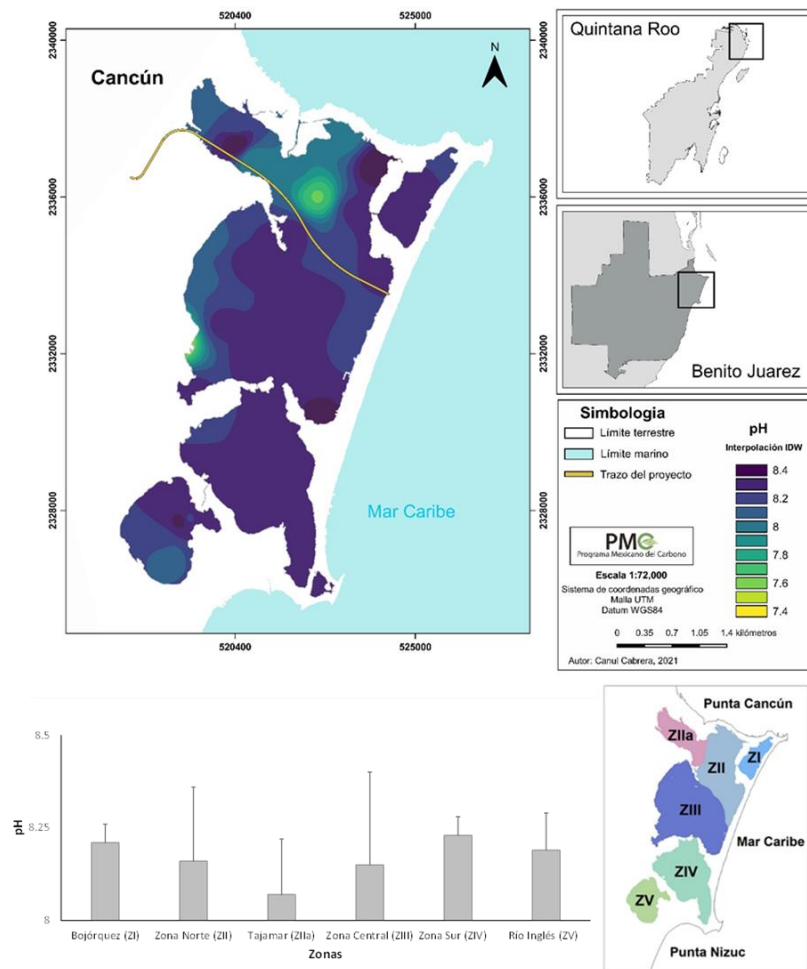
El promedio general del SLNB para pH fue de 8.15 ± 0.19 . El valor más bajo registrado fue de 7.4 y el más alto de 8.4 unidades (**Figura 4.81**), se encuentran en el rango permisible en la NOM-001-SEMARNAT-1996 que es de 5 a 10 unidades. En general los valores fueron homogéneos a lo largo del SLN con valores superiores a 8, semejantes a los valores a los que llega el océano (8.10 ± 0.02) (Hernández et al., 2003) lo cual sería un indicador de la influencia marina. Únicamente se registraron valores menores a 8 en dos puntos de la laguna que pueden estar relacionados a zonas cercanas a manantiales o que estén asociados a aportes de aguas residuales (Romero-Sierra, 2016).

Los valores de pH en las lagunas fluctúan en un intervalo de 7.0-8.2. El agua de origen continental tiene un pH de 7.0 y el del agua de mar es de 8.2; se ha mencionado que valores menores de 7.0 se deben principalmente a procesos de descomposición de materia

orgánica (De la Lanza-Espino, 1998), en zonas de manglares por liberación de ácidos húmicos (Contreras, 1993), y/o a un aislamiento que promueve circulación deficiente, además de la actividad biológica natural del sistema (Contreras, 1993).

Por lo anterior, el sistema constructivo del puente debe minimizar la interrupción de la circulación del agua, y en general la hidrodinámica del SLN.

Figura 4.81. Variación espacial del pH en el SLN en abril 2021.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021).

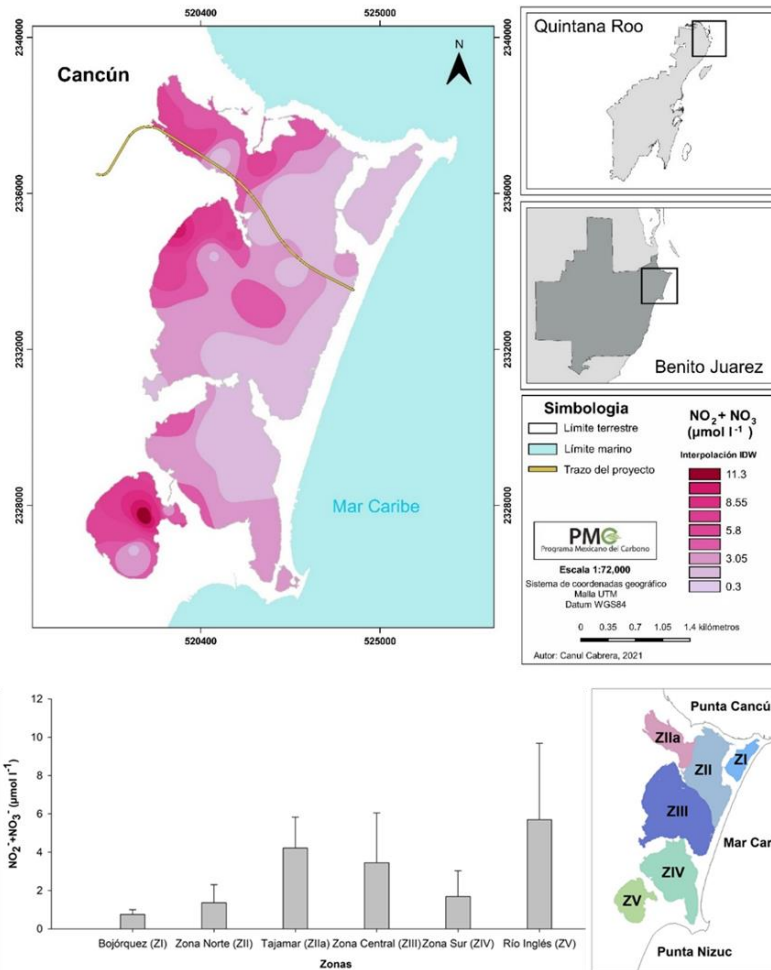
Compuestos nitrogenados

Nitrato + Nitrito

El valor promedio más bajo de nitrito + nitrato (NO_2+NO_3) a lo largo del sistema lagunar fue de $2.86 \pm 2.57 \mu\text{mol l}^{-1}$ (**Figura 4.82**). El valor promedio más bajo correspondió a Bojórquez (ZI) y el más alto a Río Inglés (ZV) de 0.75 ± 0.25 a $5.7 \pm 3.98 \mu\text{mol l}^{-1}$ respectivamente. En el análisis por zonas se registraron diferencias estadísticamente significativas ($H=22.32$, $p<0.05$). En las zonas Río Inglés (ZV), Tajamar (ZIIa) y Centro (ZIII) los valores altos ($>4 \mu\text{mol l}^{-1}$) pueden tener distintos orígenes.

En las zonas de Río Inglés, Tajamar y centro los valores altos ($>4 \mu\text{mol l}^{-1}$) pueden tener distintos orígenes. Si bien las tres zonas presentan manantiales y descargas de agua dulce, en el caso de Tajamar y en mayor medida la zona Centro, se encuentran muy cercanas a la zona urbana de Cancún. Estas concentraciones pueden estar relacionadas con las descargas de aguas residuales de origen doméstico, hoteles y fertilizantes inorgánicos, mientras que en el caso de Río Inglés altas concentraciones podrían tener su origen en la materia orgánica de los humedales circundantes.

Figura 4.82. Variación espacial de nitrito + nitrato ($\mu\text{mol l}^{-1}$) en el SLN en abril 2021.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021).

Se destacó en este informe que la laguna Bojórquez registró concentraciones de $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ($0.32 \mu\text{mol l}^{-1}$) inferiores a los reportados en años anteriores por Herrera-Silveira (2006) con $8.8 \mu\text{mol l}^{-1}$, esto podría estar relacionado a que el NO_2 es rápidamente convertido a NO_3 , y este es asimilado por los organismos fotosintéticos ocasionando la alta productividad de fitoplancton observada en la zona (5 a $9 \mu\text{g l}^{-1} \text{Cl-a}$). En este sentido es posible que las bajas concentraciones en Bojórquez se deban a procesos de consumo por el fitoplancton. En la **Figura 4.83**, se muestran posibles fuentes de nitrógeno en el SLNB.

Figura 4.83. Posibles fuentes de las altas concentraciones de nitrógeno inorgánico en SLNB. A) Manglares circundantes al Sistema lagunas Nichupté-Bojórquez; B-C) Infraestructura urbana y hotelera construida adyacente al SLN.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021).

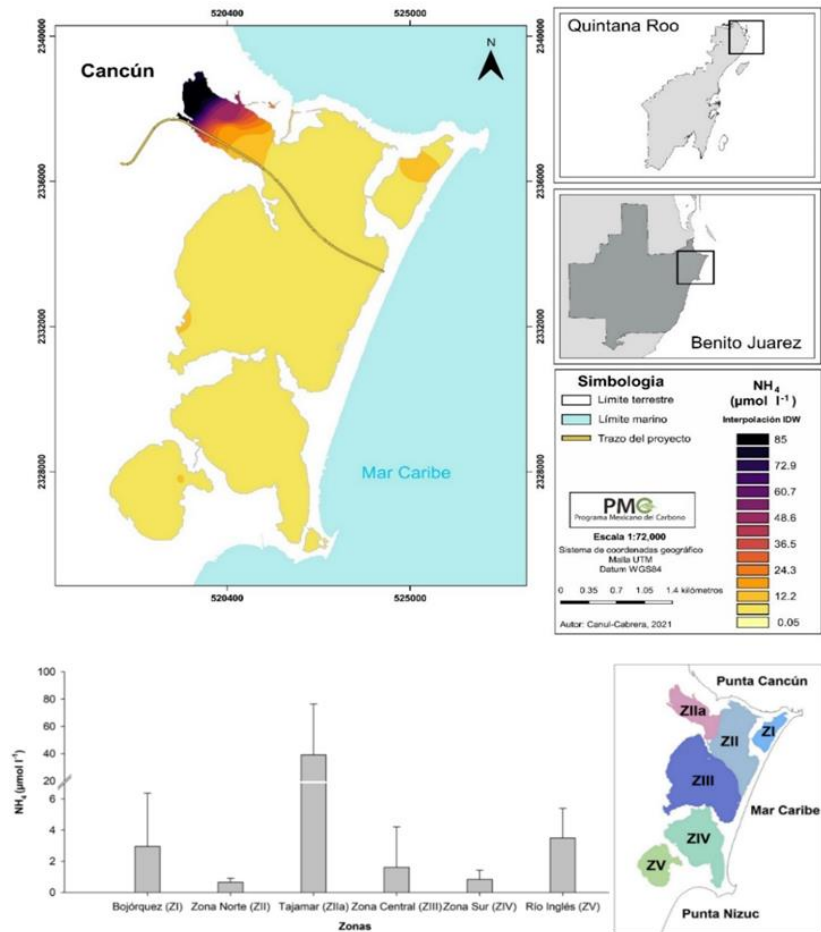
Amonio

El amonio (NH_4^+) registró una concentración de 0.74 ± 0.37 a $46.69 \pm 36.23 \mu\text{mol l}^{-1}$ a lo largo de sistema laguna (**Figura 4.84**). Las diferencias entre zonas fueron estadísticamente significativas ($H=22.71$, $p<0.05$). El amonio tuvo el mismo patrón de distribución que el NO_2+NO_3 , por lo tanto, las zonas con mayor concentración de este nutriente se restringieron en la parte occidental del sistema en los cuales hay descargas de aguas subterráneas contaminadas con aguas provenientes de la zona urbana.

Las zonas con mayor concentración de NH_4^+ fueron Tajamar (ZIIa) (46.69 ± 36.23) y Bojórquez (ZI) (2.95 ± 3.42) ubicadas al norte del sistema lagunar y Río Inglés (ZV) (3.5 ± 1.9) al sur. Se registraron valores anómalamente altos en la zona de Tajamar ($84.9 \mu\text{mol l}^{-1}$), y valores entre 4 y $14 \mu\text{mol l}^{-1}$ en sitios puntuales de las zonas de Bojórquez, zona central y Río Inglés. Estos resultados podrían estar relacionados a la cercanía con los manglares que exportan materia orgánica a la laguna y al descomponerse genera estos valores de amonio.

También se debe reconocer que valores tan altos en Tajamar pueden estar influenciados por la cercanía con fosas sépticas. Lapointe et al. (1990) reportó para Florida incrementos en la concentración de nutrientes de hasta 5,000 veces en aguas subterráneas cercanas a fosas sépticas. También cabe destacar que los valores de NH_4^+ reportados en este estudio ($\sim 85 \mu\text{mol l}^{-1}$) casi triplican a los registrados por Herrera-Silveira y Morales-Ojeda en 2010 ($30 \mu\text{mol l}^{-1}$) para la laguna.

Figura 4.84. Variación espacial de amonio ($\mu\text{mol l}^{-1}$) en el SLN en abril 2021.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

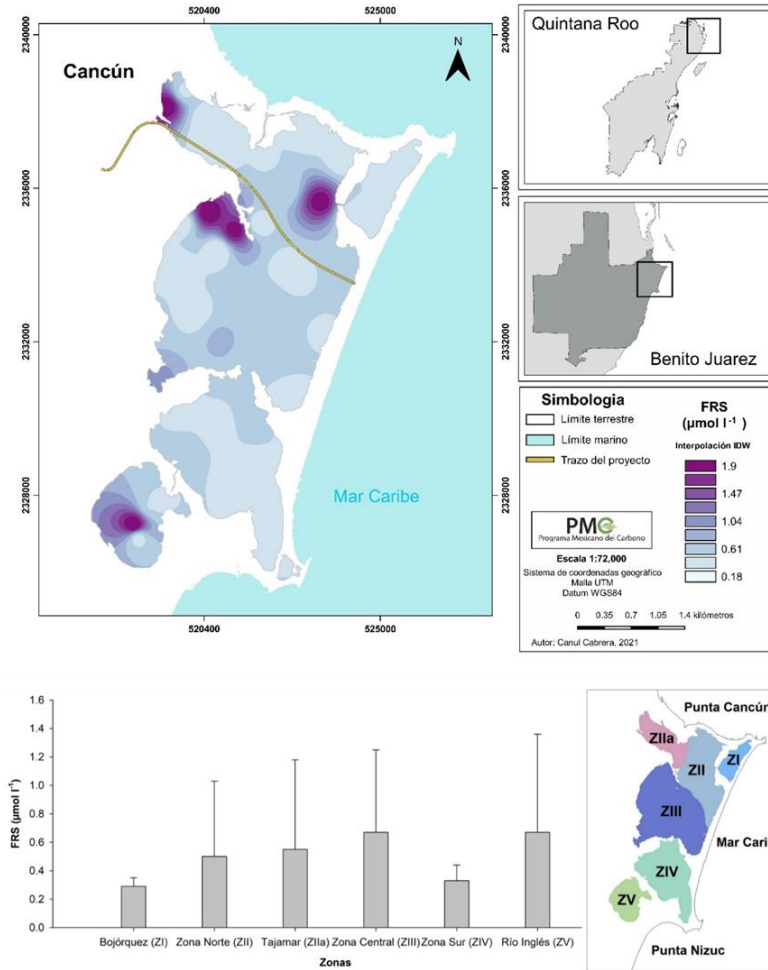
Fósforo Reactivo Soluble

La concentración del fósforo reactivo soluble (FRS) (también denominado fosfato) presentó un valor promedio de $0.53 \pm 0.5 \mu\text{mol l}^{-1}$. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre zonas. Biológicamente las diferencias pueden modificar la estructura trófica del sistema por lo que hay que considerar relevantes las concentraciones ($>0.50 \mu\text{mol l}^{-1}$) presentes en la mayoría del sistema. También es importante considerar que valores bajos pueden indicar que el nutriente ha sido consumido, por lo que para el diagnóstico se debe incluir el análisis del componente biológico, como fue en este caso la concentración de Cl-a.

El valor promedio más bajo (0.29 ± 0.06) se registró en Bojórquez (ZI) y el valor promedio más alto ($0.67 \pm 0.58 \mu\text{mol l}^{-1}$) en la zona Central (ZIII) (**Figura 4.85**). Las altas concentraciones de FRS ($>0.50 \mu\text{mol l}^{-1}$) pueden estar relacionadas con las descargas de manantiales influenciados con aguas residuales de las inmediaciones de Tajamar (ZIIa). Lo

común en los sistemas costeros de Yucatán es que el fósforo sea limitante, ya que tiene afinidad al carbonato de calcio que es abundante por el tipo de roca de la región, favoreciendo la precipitación fósforo en forma apatita. (Vidal, 1994; Herrera-Silveira y Morales-Ojeda, 2009). En la salida de Bojórquez, los altos valores muy posiblemente se estén relacionados con vertimientos de fuentes antrópicas.

Figura 4.85. Variación espacial de fósforo reactivo soluble ($\mu\text{mol l}^{-1}$) en el SLN en abril 2021.



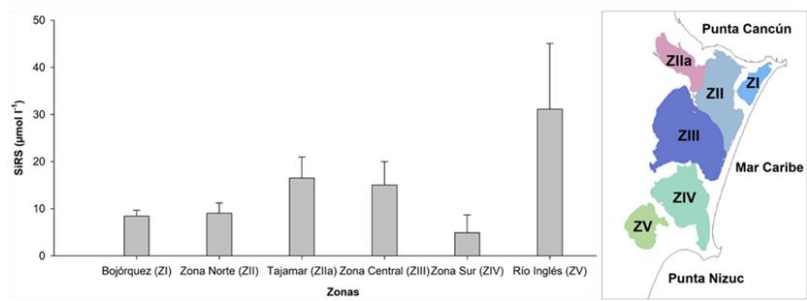
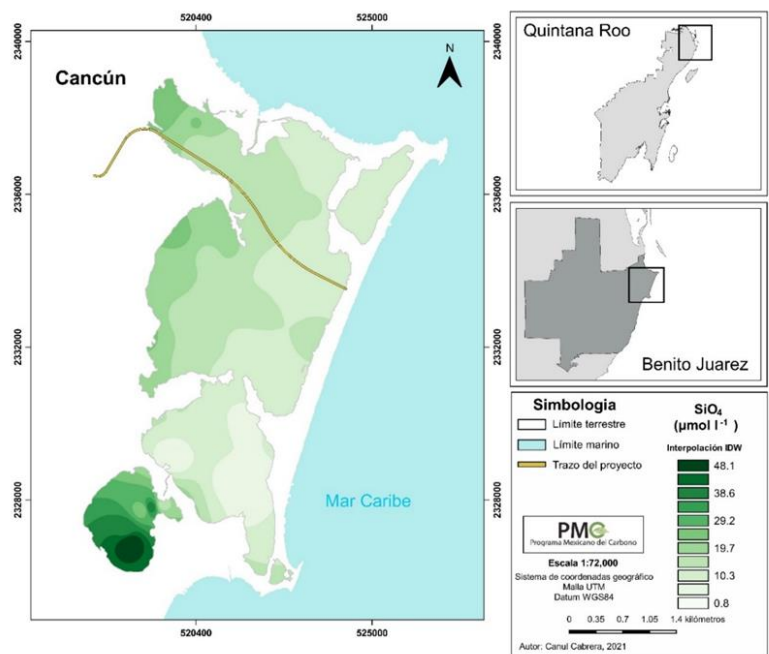
Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021).

Sílice Reactivo Soluble

La concentración de sílice reactivo soluble (SiRS) presentó un intervalo de 4.91 ± 3.78 a $31.13 \pm 13.94 \mu\text{mol l}^{-1}$ (Figura 4.86), con diferencias estadísticamente significativas ($H=39.8$, $p<0.05$). La menor concentración de SiRS se registró en la zona Sur (ZIV) ($4.91 \mu\text{mol l}^{-1}$) y la mayor en Río Inglés (ZV) ($> 15 \mu\text{mol l}^{-1}$).

Las concentraciones de sílice registradas en Tajamar (ZIIa), zona Central (ZIII) y Río Inglés (ZV) son características de zonas con descarga de aguas subterráneas. De acuerdo con Herrera-Silveira (2006), las lagunas costeras con bajas salinidades tienen una mayor concentración de silicatos. Este comportamiento puede observarse en las zonas de Tajamar, zona central y Río Inglés que están influenciadas por el aporte de agua proveniente de manantiales subterráneos como han evidenciado otras variables. Para el caso de Tajamar, estas descargas subterráneas durante el trayecto han tenido contacto con aguas residuales domésticas.

Figura 4.86. Variación espacial de sílice reactivo soluble ($\mu\text{mol l}^{-1}$) en el SLNB en abril 2021.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021).

La concentración de sílice reactivo soluble (SiRS) presentó un intervalo de 4.91 ± 3.78 a $31.13 \pm 13.94 \mu\text{mol l}^{-1}$, con diferencias estadísticamente significativas ($H=39.8$, $p<0.05$). La

menor concentración de SiRS se registró en la zona Sur (ZIV) ($4.91 \mu\text{mol l}^{-1}$) y la mayor en Río Inglés (ZV) ($> 15 \mu\text{mol l}^{-1}$).

Las concentraciones de sílice registradas en Tajamar (ZIIa), zona Central (ZIII) y Río Inglés (ZV) son características de zonas con descarga de aguas subterráneas. De acuerdo con Herrera-Silveira (2006), las lagunas costeras con bajas salinidades tienen una mayor concentración de silicatos. Este comportamiento puede observarse en las zonas de Tajamar, zona central y Río Inglés que están influenciadas por el aporte de agua proveniente de manantiales subterráneos como han evidenciado otras variables (**Figura 4.86**). Para el caso de Tajamar, estas descargas subterráneas durante el trayecto han tenido contacto con aguas residuales domésticas.

Clorofila - a

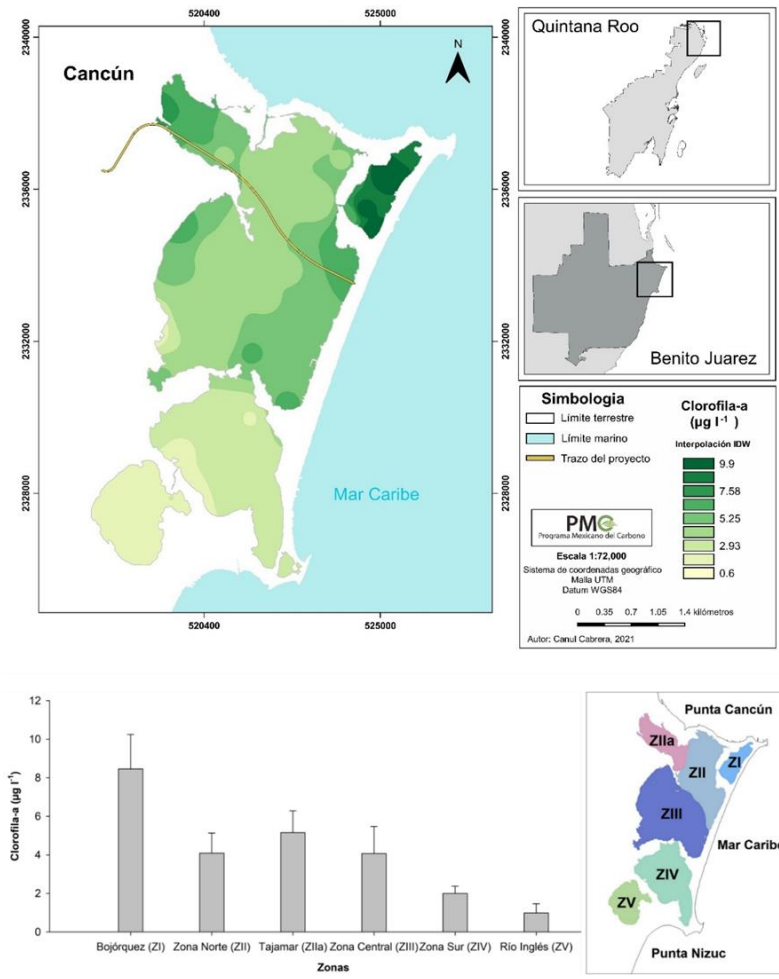
Los rangos de concentración de clorofila-a (Cl-a) variaron de 0.98 ± 0.48 a $8.46 \pm 1.79 \mu\text{g l}^{-1}$, con la menor concentración en Río Inglés (ZV) y la mayor en Bojórquez (ZI). Se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las zonas ($H=40.78$, $p<0.05$). La Cl-a tuvo un patrón longitudinal de norte a sur con las mayores concentraciones al norte del sistema y las menores al sur (**Figura 4.87**).

En este sentido la presencia de un estrecho canal que conecta laguna Bojórquez con la zona norte, le hace más vulnerable a presentar mayores concentraciones por el alto tiempo de residencia del agua.

Las altas concentraciones de Cl-a registradas durante el muestreo podrían ser el resultado del aumento de nutrientes como los nitritos + nitratos y fosfatos que son asimilados por el fitoplancton (Sosa-Avalos et al., 2013, Álvarez-Cardena et. al, 2007).

En la laguna de Bojórquez, la alta concentración de infraestructura turística junto a la baja capacidad de intercambio del cuerpo de agua resultante de los rellenos realizados en los canales, propicia la acumulación de nutrientes que resulta en la eutrofización del ecosistema. Un síntoma primario ampliamente reconocido de este proceso son las altas concentraciones de Cl-a ($9.82 \mu\text{g l}^{-1}$), tal y como pudo registrarse en este estudio. También se observó la posible influencia del canal por el cual se conectan Bojórquez y la zona norte pasando a través de un complejo habitacional y la plaza comercial "La isla".

Figura 4.87. Variación espacial de Cl-a ($\mu\text{mol l}^{-1}$) en el SLNB en abril 2021.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

Con relación a los valores para clorofila-a que se obtuvieron en el muestreo, en el informe se indica que hubo variaciones de 0.98 ± 0.48 a $8.46 \pm 1.79 \mu\text{g l}^{-1}$, con la menor concentración en Río Inglés (ZV) y la mayor en Bojórquez (ZI). Se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las zonas ($H=40.78$, $p<0.05$). La Cl-a tuvo un patrón longitudinal de norte a sur con las mayores concentraciones al norte del sistema y las menores al sur (Figura 4.87).

En este sentido la presencia de un estrecho canal que conecta laguna Bojórquez con la zona norte, le hace más vulnerable a presentar mayores concentraciones por el alto tiempo de residencia del agua.

Las altas concentraciones de Cl-a registradas durante el muestreo podrían ser el resultado del aumento de nutrientes como los nitritos + nitratos y fosfatos que son asimilados por el fitoplancton (Sosa-Avalos et al., 2013, Álvarez-Cardena et. al, 2007 en Diagnóstico del Agua, 2021).

En la laguna de Bojórquez, la alta concentración de infraestructura turística junto a la baja capacidad de intercambio del cuerpo de agua resultante de los rellenos realizados en los canales, propicia la acumulación de nutrientes que resulta en la eutrofización del ecosistema. Un síntoma primario ampliamente reconocido de este proceso son las altas concentraciones de Cl-a ($9.82 \mu\text{g l}^{-1}$), tal y como pudo registrarse en el estudio. También se observó la posible influencia del canal por el cual se conectan la laguna Bojórquez y la zona norte, pasando a través de un complejo habitacional y la plaza comercial “La isla”.

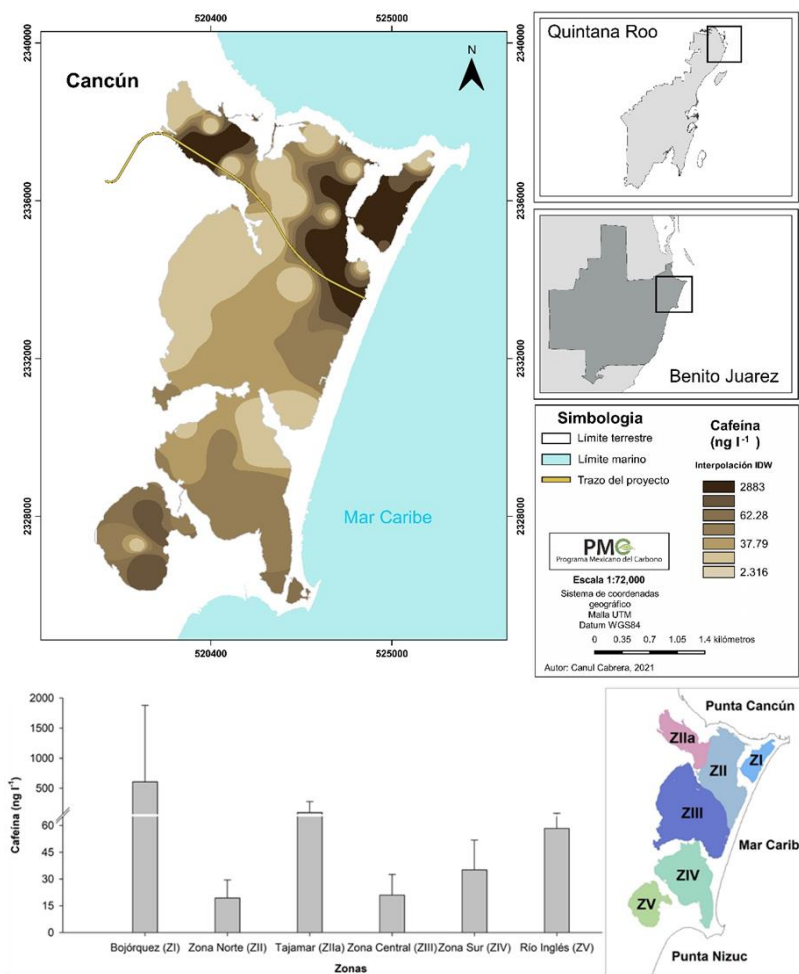
Cafeína

En el SLN se detectó la presencia de cafeína dentro de las 5 zonas de estudio, registrándose un promedio de 19.34 ± 10.19 a $606.66 \pm 1272.44 \text{ ng l}^{-1}$.

En todas las estaciones de la laguna se observó la presencia de esta sustancia, indicando influencia de aguas residuales de origen antropogénico en todo el sistema. La zona con mayor presencia de cafeína y por ende de aguas residuales fue Bojórquez (ZI) con 606.66 ng l^{-1} ; mientras que la zona Norte (ZII) fue la de menor concentración (19.34 ng l^{-1}) **Figura 4.88**, pudiéndose considerar que tiene menos influencia de aguas residuales antropogénicas o que la hidrodinámica de la zona favorece a los procesos de dilución. Esto robustece el planteamiento previo de la importancia que tiene la mitigación en el proceso constructivo del puente en la circulación del agua a ambos lados del puente.

La presencia de aguas residuales antropogénicas en toda la laguna pone en evidencia la presencia de aguas derivadas de actividades antropogénicas a lo largo de la laguna posiblemente por: 1) el vertido de aguas residuales sin tratar hacia la laguna; 2) el funcionamiento ineficiente de los sistemas de tratamiento en el sitio y 3) aportes por percolación de fosas sépticas o agua subterránea. Lo observado a lo largo del SLN ha sido previamente informada por Árcega- Cabrera et al. (2014) y Kantún et al. (2018).

Figura 4.88. Variación espacial de Cafeína en abril 2021 para el SLNB.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

Como se mencionó al inicio, la cafeína es un indicador de presencia de aguas residuales de origen antrópico que se distribuye en diferentes concentraciones en todo el sistema. La laguna Bojórquez es la zona de mayor concentración; el promedio en el SLN fue de 19.34 ± 10.19 a 606.66 ± 1272.44 ng l⁻¹.

La zona con mayor presencia de cafeína y por ende de aguas residuales fue Bojórquez (ZI) con 606.66 ng l⁻¹; mientras que la zona Norte (ZII) fue la de menor concentración (19.34 ng l⁻¹), pudiéndose considerar que tiene menos influencia de aguas residuales antropogénicas o que la hidrodinámica de la zona favorece a los procesos de dilución. Esto robustece el planteamiento previo de la importancia que tiene la mitigación en el proceso constructivo del puente en la circulación del agua a ambos lados del puente (Figura 4.88).

La presencia de aguas residuales antropogénicas en toda la laguna pone en evidencia la presencia de aguas derivadas de actividades antropogénicas a lo largo de la laguna posiblemente por: 1) el vertido de aguas residuales sin tratar hacia la laguna; 2) el funcionamiento ineficiente de los sistemas de tratamiento en el sitio y 3) aportes por percolación de fosas sépticas o agua subterránea. Lo observado a lo largo del SLN ha sido previamente informada por Árcega- Cabrera et al. (2014) y Kantún et al. (2018).

Índice trófico (TRIX)

Por otro lado, con respecto al índice trófico o TRIX, varió de 6.54 ± 0.37 a 7.4 ± 0.91 , registrando diferencias estadísticamente significativas entre las zonas ($H=23.51$, $p<0.05$). El índice TRIX señala que la condición general del sistema es hipereutrófico, y que la calidad del agua es mala. Las zonas de Bojórquez (ZI) y Tajamar (ZIIa) presentaron los promedios hipereutróficos del índice TRIX con 7.06 ± 0.6 y 7.4 ± 0.91 , respectivamente, indicando una mala calidad de agua (**Figura 4.89**).

En el caso de Bojórquez (ZII) la actividad turística y la descarga de aguas residuales, sumado al mayor tiempo de residencia del agua, promueve un mayor deterioro en esta zona y aumentando el estado trófico. Los resultados obtenidos en la concentración de Cl-a, son síntomas de dicho proceso.

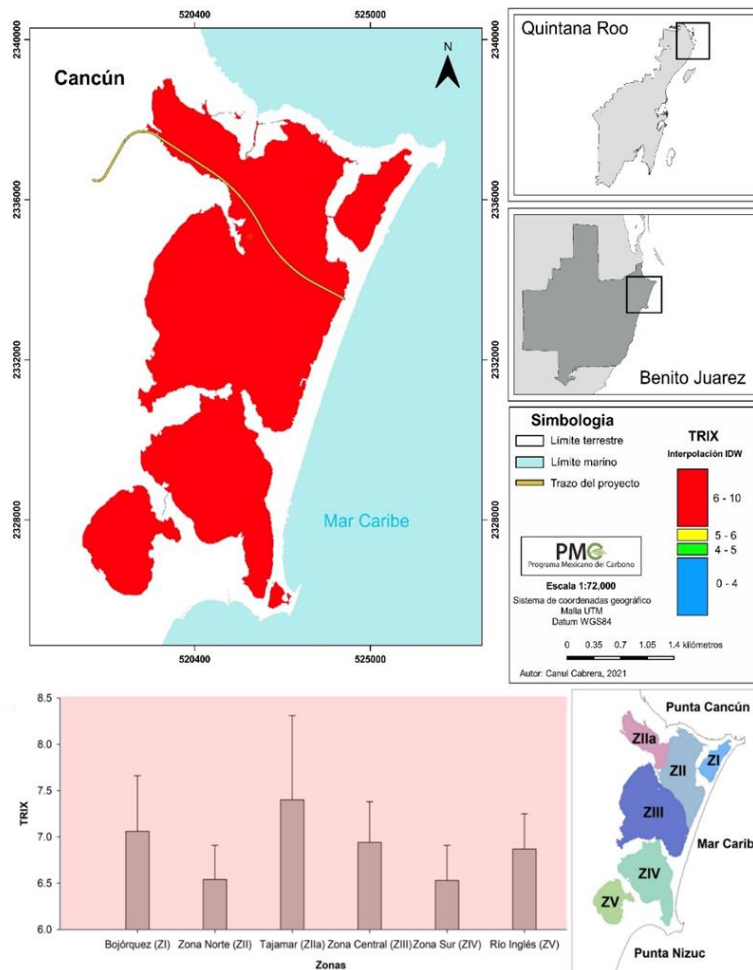
Por otro lado, Tajamar (ZIIa) podría ser la zona más susceptible para elevar su estado trófico debido a la remoción del área de manglar en 2016 (57 ha) (SEMARNAT, 2006), ya que este ecosistema funcionaba como filtro biológico de aguas residuales provenientes de la zona hotelera (Rodríguez-Zúñiga et al. 2013). Herrera-Silveira (2006) y Espinosa-Bouchot (2011), señalan a la zona de Río Inglés (ZV) como una de las más vulnerables dentro del sistema lagunar, debido a su baja profundidad y la presencia de ojos de agua que aportan altas concentraciones de nitratos y silicatos, esto a su vez se magnifica por la escasa comunicación con las demás zonas dentro de la laguna.

La pobre calidad del agua en la zona ha sido reportada desde 1992, por Merino Ibarra et al. Entre las principales acciones que han deteriorado la laguna Bojórquez está el dragado del 20% de su fondo original y la descarga continua de aguas residuales. Se le suma el tráfico de embarcaciones y la destrucción y relleno de los manglares circundantes (Merino y Gallegos, 1986). El dragado se considera la mayor causante de la eutroficación de las aguas ya que fue realizado con un dragado de succión y el agua utilizada para transportar sedimentos regresó a la laguna, por lo que nutrientes y materia orgánica acumulada en los

sedimentos actuó como un pulso de energía que se volvió disponible de golpe. La extrema permeabilidad de la roca que permite la filtración irrestricta del agua de lluvia para formar ojos de agua que a su vez aportan nutrientes colectados en trayecto del agua subterránea.

El trazo del puente converge con la zona más deteriorada y localizada hacia la parte de tierra firme (Zona IIa), así como con el área de la isla de barrera (Zona II), por lo cual es necesario extremar precauciones en la obra para minimizar mayor deterioro, y maximizar las medidas de mitigación en esa zona para evitar que el daño se expanda. Se recomienda el monitoreo en esta zona y el desarrollo de medidas de saneamiento durante y posteriores a la obra.

Figura 4.89. Variación espacial del índice trófico en el SLN en abril de 2021.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021).

4.3.1.10.2. Caracterización del agua en la ZID del Proyecto

Condición hidroambiental del área de estudio

Fue necesario conocer las condiciones hidroambientales para establecer una línea base antes de iniciar los trabajos en el proyecto, por tal motivo se realizaron recorridos dentro de la Zona de Influencia del Proyecto y alrededor de éste, describiendo las condiciones generales, obteniendo parámetros físicos de la laguna y de los manglares. Esta verificación de sitios se realizó en la parte este y oeste del trazo del puente los cuales se muestran a continuación en el plano de **la Figura 4.90**.

Figura 4.90. Sitios de verificación en la parte este y oeste del trazo del puente.



Fuente: (Informe de caracterización hidrológica, 2021)

Características zona oeste

Como parte de las actividades a realizar en campo, se llevó a cabo un recorrido general en la zona localizada al oeste del trazo del puente, hacia esta zona se extiende principalmente las áreas de manglar de la laguna Nichupté. Se localizó como punto de reconocimiento el PR1, ubicado a 1 km al sur del trazo del puente (Parque-Cancún), esta zona pertenece a la selva baja inundable la cual se integra por árboles resistentes tanto a temporadas extremas de secas entre los meses de diciembre y mayo, y la temporada de lluvias en meses de junio a noviembre.

La visita de campo se llevó a cabo en el mes de abril correspondiente a temporada de secas, por lo cual el paisaje no mostro indicios de humedad o áreas inundadas en ese

momento, por el contrario, se llegó a observar áreas donde la roca queda expuesta aflorando a nivel de suelo (**Figura 4.91**). Este sitio se ubica dentro de la del Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Manglares de Nichupté.

Figura 4.91. Sitio PR1, condiciones generales de la selva baja inundable.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

Los puntos de reconocimiento PR2, PR3 y PR4 se ubican muy próximos al trazo del puente, estos sitios colindan con el patio de las instalaciones de la Universidad Tecmilenio. Con base en la información verbal por parte del personal presente, el punto PR2 se ha mantenido seco cuando en temporadas pasadas se había registrado la presencia de agua, el PR3 aparentemente es el que mantiene humedad y más vegetación durante la mayor parte del tiempo (**Figura 4.92** y **Figura 4.93**).

Figura 4.92. Punto de reconocimiento PR2.



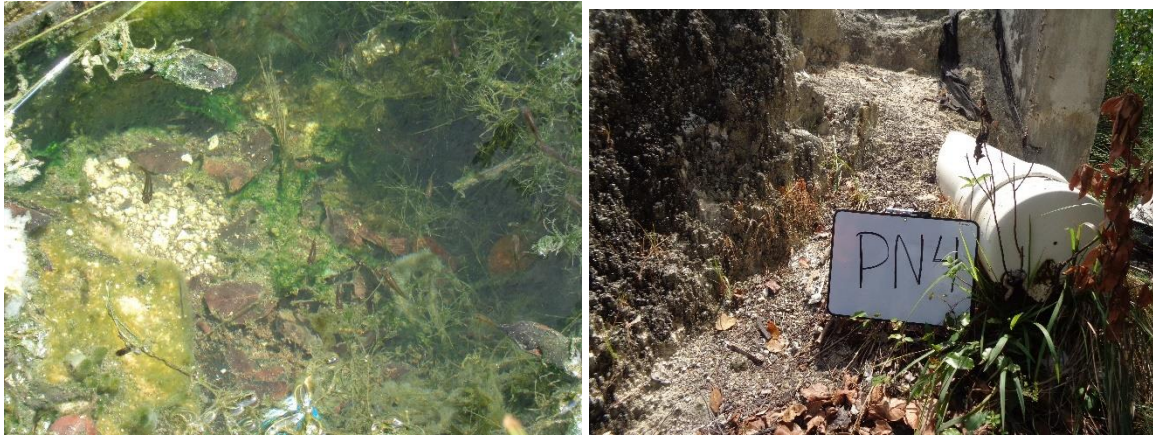
Figura 4.93. Punto de reconocimiento PR3.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

El sitio PN4 localizado a 90 m al norte del trazo del puente y se ubica al final de la calle del Malecón, se presenta tubería aparentemente como parte del diseño de descarga de aguas pluviales, sin embargo, dicha tubería se encuentra tapada, posiblemente se mantenga como medida de control de inundación, en este sitio se observó la presencia de agua y pequeños peces (**Figura 4.94**).

Figura 4.94. Punto de reconocimiento PN4.



Fuente: (Informe de caracterización hidrológica, 2021)

Alrededor del sitio PN4 se presentan características que corresponden a zonas inundables (Figura 4.95).

Figura 4.95. Zona inundable alrededor del sitio PN4.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021).

La presencia de basura se hace notar en el sitio PR5, este sitio se localiza a 300 m hacia el oeste del trazo del puente y su libre acceso al sitio por la avenida Bonampak facilita a cualquier transeúnte arrojar basura, donde finalmente se va acumulando en el área, como se ve en la **Figura 4.96**.

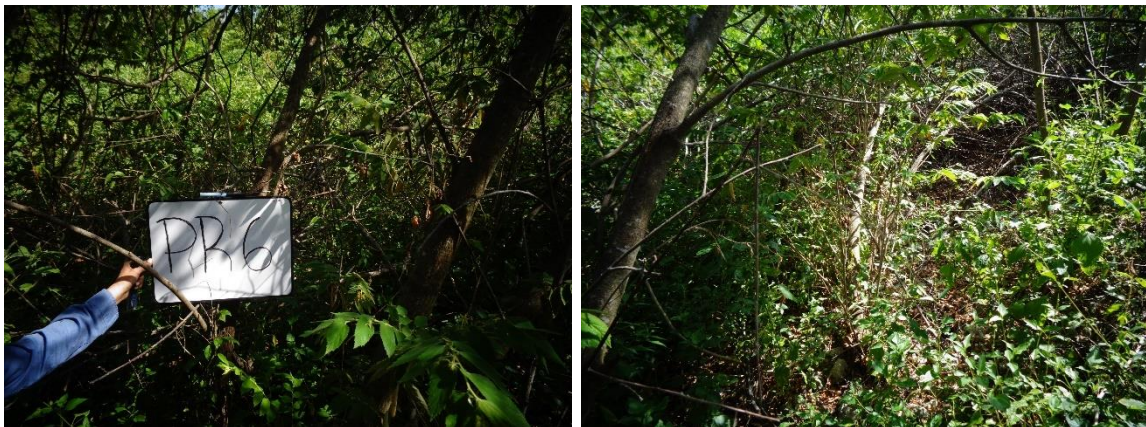
Figura 4.96. Punto de reconocimiento PR5.



Fuente: (Informe de caracterización hidrológica, 2021)

El sitio PR6 se ubica a 400 m del trazo del puente a la entrada del malecón, la vegetación se vuelve más abundante, esta zona se comienza a comportar como parte del manglar de Nichupté como se observa en la **Figura 4.97**.

Figura 4.97. Punto de reconocimiento PR6.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021).

A 200 m hacia el norte del trazo del puente dentro de la laguna Nichupté con cercanía a la zona del malecón, se identificó un sitio conocido como ojo de agua, por lo que esta zona corresponde a entradas de agua subterráneas como aportes al sistema lagunar Nichupté (**Figura 4.98**).

Figura 4.98. Sitio ojo de agua, aporte de agua subterránea a la laguna Nichupté.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

Complementando el recorrido en los entornos del sitio PN4 y muy cercano a este se encontró con áreas donde la cantidad de basura observada además de mostrar el descuido del lugar forma parte de las alteraciones al medio, como se ve en la **Figura 4.99**.

Figura 4.99. Áreas cercanas al sitio PN4 utilizadas como botadero de basura.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

Los desechos depositados en el sitio alteran el sistema tanto biótico como abiótico, así pues, la flora y fauna del sitio no son los únicos factores involucrados, ya que el medio roca, suelo, agua, también forman parte de la alteración al observar que la basura está en contacto con cada una de ellas; en las zonas donde se presenta estancamiento de agua, se llegó a observar la presencia de peces, como se ve en la **Figura 4.100**.

Figura 4.100. Medio biótico y abiótico en contacto con la basura.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

El probable abandono a la culminación al desarrollo del proyecto en el área del Malecón, además de dejar descuidada la infraestructura existente entre calles, banquetas y bardas, muestra un descontrol vandálico por no contar con el cuidado o vigilancia en el área, el sitio al mantenerse solo, presenta zonas como referencia el final de una de las calles del malecón, en donde la basura no solamente es botada hacia el lado del manglar, también se observa tirada sobre el final de la calle antes de la pequeña barda que limita hacia la zona donde se encuentra la vegetación y áreas inundables, como se ve en la **Figura 4.101** y **Figura 4.102**.

Figura 4.101. Basura tirada sobre el final de una de las calles del malecón y detrás de la barda (1/2).



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

Figura 4.102. Basura tirada sobre el final de una de las calles del malecón y detrás de la barda (2/2).



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

Las últimas condiciones observadas hacia el lado oeste del trazo del puente se identificaron aguas adentro de la laguna, como puntos de referencia se tienen los sitios con clave MPN4 y MPN5, ambos corresponden a las condiciones en las que se encontró el manglar durante el recorrido, considerándose que estos sitios se extiende paralelamente al trazo de lo que será el puente, en la (Figura 4.103), se muestra un manglar poco seco y deteriorado en su base, condiciones que se han dado como consecuencia a partir de los eventos meteorológicos que ha sufrido la región en los últimos años.

Figura 4.103. Condiciones del manglar cercano a los sitios MPN4 y MPN5 respectivamente.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

Características zona este

El recorrido que se llevó a cabo en la zona este del trazo del puente se localiza sobre el boulevard Kukulkán, abarcando aproximadamente una extensión de 450 metros de recorrido, en la **Figura 4.104** se presentan las fotografías las cuales muestran el frente del trazo del puente Nichupté con vista general de norte hacia el sur del boulevard.

A pesar de que la mayor ocupación del terreno se da principalmente por la zona hotelera, centros comerciales, bares y restaurantes, frente al trazo del puente existe un espacio de 10 a 15 metros de ancho el cual colinda entre el boulevard y la laguna Nichupté, la vista sobre el boulevard da una apariencia de encontrarse cubierto por vegetación.

Figura 4.104. Frente del trazo puente Nichupté zona este sobre boulevard Kukulkán, vista de norte hacia el sur.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

En sitios identificados como Puente Nichupté 2 y 3 (PN2 y PN3), la vegetación observada en el área no suele ser demasiado densa e incluso se llega a apreciar falta de vegetación formando “claros” en el terreno a falta de ella, ramas y troncos secos se hacen presentes y aunque esto no sea la característica dominante del terreno, suele apreciarse que las

condiciones no se encuentran aptas para mantenerse por sí misma una vegetación de apariencia más sana, debe tenerse en cuenta que esta observación es referida al mes de abril fecha en la que se realizó la visita de campo, por lo que no se tiene comparación con otras fechas de las cuales se desconoce si estas cambian, por ejemplo, en temporada de lluvias. Así mismo, otra de las condiciones encontradas en el área se debe a las malas prácticas de la población al utilizar este corredor como tiradero de basura, como se puede ver en las **Figura 4.105** y **Figura 4.106**.

Figura 4.105. Condiciones del sitio PN2, ubicado sobre el trazo del puente y la Laguna Nichupté, se observan ramas secas y presencia de basura.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021).

Figura 4.106. Condiciones del sitio PN3, ubicado a 240 m al sur del trazo del puente, se observan ramas secas y presencia de basura.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

Al considerarse Cancún un complejo turístico habitado en la mayoría del tiempo por sus visitantes y al ser este boulevard Kukulcán tan concurrido, se observó la mayoría del tiempo transitado y ocupado por peatones, mismos que son generadores de residuos los cuales son fácilmente desechados en esta zona, de igual forma se encontraron indicios de usar el área para hacer necesidades fisiológicas.

La falta de instalación de contenedores de basura que se encuentren más cercanos unos de otros y la poca o nula existencia de baños públicos, pueden orillar al turista a realizar dichas prácticas (sin ser esto excusas para que se lleven a cabo estas acciones), sin embargo, pueden ser puntos por considerarse para otras áreas.

Continuando con el recorrido en la zona este del trazo del puente Nichupté, se observaron tuberías de PVC instaladas al lateral de una construcción, algunas de ellas saliendo de la pared quedan abiertas como posibles descargas de aguas pluviales directas hacia la laguna, así mismo existe otra tubería que pareciera ser conducto de agua residual, esta

misma aparentemente no muestra descarga abierta a la laguna, aun sin tener confirmado la funcionalidad de esas tuberías nos muestra la relación estrecha que existe de las descargas hacia el cuerpo de agua, lo cual deberían de mantenerse en constante observación y mantenimiento para evitar cualquier tipo de fugas o vertidos de materiales no deseados hacia la laguna.

También se encontró la presencia de material de construcción abandonado, entre lo cual destaca principalmente restos de maderas, mangueras y/o tuberías, al igual que basura en general; así mismo, la vegetación suele apreciarse escasa y un poco seca, **Figura 4.107**.

Figura 4.107. Condiciones generales de la zona este puente Nichupté, resto de material de construcción, basura en general y vegetación poco densa y seca.



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

A lo largo del recorrido se observaron instalaciones en algunos casos tuberías y en otros casos tipo canaletas de concreto, esto como parte del sistema asociado a las descargas de aguas pluviales que se dan hacia la laguna. En la **Figura 4.108** y **Figura 4.109**, se muestran las descargas con vista hacia el boulevard Kukulkán y en otros casos con vista hacia la

laguna. Se desconoce si estas descargas corresponden únicamente a escurrimientos pluviales o si alguna presenta conexión con alguna otra posible fuente que proporcione otro tipo de escurrimiento hacia la laguna.

Figura 4.108. Condiciones generales de la zona este puente Nichupté, instalación de tubería y canaletas de concreto como parte del sistema de descarga de aguas pluviales (1/2).



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021).

Figura 4.109. Condiciones generales de la zona este puente Nichupté, instalación de tubería y canaletas de concreto como parte del sistema de descarga de aguas pluviales (2/2).



Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

Además de la flora existente en el área, se tiene la presencia de vida silvestre local la cual se encuentra adaptada a vivir en las condiciones actuales en las que se halla el área, al crear sus madrigueras entre el concreto de la banqueta y el suelo, como se muestra en la **Figura 4.110**.

Figura 4.110. Presencia de vida silvestre a la orilla de la banqueta sobre el boulevard Kukulkán.



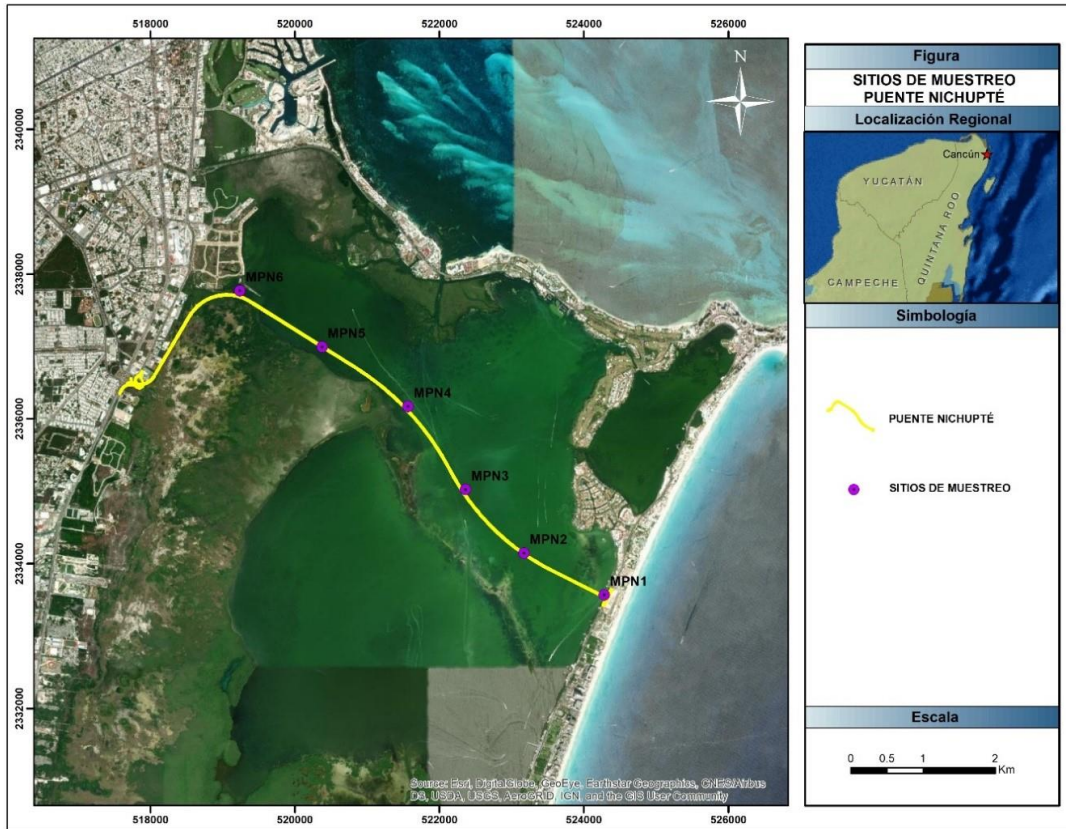
Fuente: (Informe de Caracterización Hidrológica, 2021)

Muestreo de agua superficial en la ZID del Proyecto

Como parte del Estudio de Caracterización hidrogeológica se realizó un muestreo de agua superficial a partir de seis muestras de agua asociadas con el trazo del Proyecto.

En la **Figura 4.111** se muestra el plano de localización de los sitios de muestreo. Las muestras fueron analizadas por un laboratorio ABC Analytic acreditado por la EMA.

Figura 4.111. Localización de sitios de muestreo de agua de la Laguna Nichupté.



Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021)

Los resultados de los análisis de las muestras de agua efectuados por el laboratorio se presentan en la **Tabla 4.17**.

Tabla 4.17. Resultados de laboratorio de análisis de muestras de agua de la Laguna Nichupté.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO					
		MPN1	MPN2	MPN3	MPN4	MPN5	MPN6
PARÁMETROS DE CAMPO							
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	μS/cm	53000	52700	52800	52200	50667	34700
pH	U pH	8.3	8.6	8.8	8.6	8.5	8.4
TEMPERATURA	°C	29	29	29	29	29	30
OXIGENO DISUELTO	mg/L	8.03	8.12	8.10	7.88	8.54	4.95
PARÁMETROS DE LABORATORIO							
NITRATOS	mg/L	0.0014	0.0014	0.003	0.0025	0.0048	0.0306
CADMIO TOTAL	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
COBRE TOTAL	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ESCHERICHIA COLI	NMP/100 ml	ND	ND	ND	ND	ND	ND
FIERRO TOTAL	mg/L	0.0074	0.0044	0.0042	0.0091	0.0092	0.0071
NITRÓGENO AMONICAL	mg/L	0.0174	0.0099	0.0127	0.0293	0.0839	2.3306
NITRITOS	mg/L	0.0026	0.0025	0.0026	0.0027	0.005	0.0561

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO					
		MPN1	MPN2	MPN3	MPN4	MPN5	MPN6
PLOMO TOTAL	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SALINIDAD	‰	36	35.9	35.9	35.5	34.5	21.7
ENTEROCOCOS	NMP/100 ml	20	<10	<10	<10	<10	20
TURBIEDAD	UNT	2.6	2.1	2.3	2.5	3	3.2
ZINC TOTAL	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	36300	34873.3	36493.3	35980	34920	23233.3
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	ND	12	19.7	19	ND	ND
FÓSFORO TOTAL	mg/L	0.0416	0.0357	0.0442	0.0367	0.0532	0.0577
FOSFATOS TOTALES	mg/L	0.1273	0.1093	0.1353	0.1122	0.1627	0.1764

*ND= Analito menor al límite de detección del método o al límite práctico de cuantificación.

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021)

A continuación, se describen los resultados de los parámetros analizados en las muestras de agua en la zona de influencia directa del Proyecto.

Temperatura

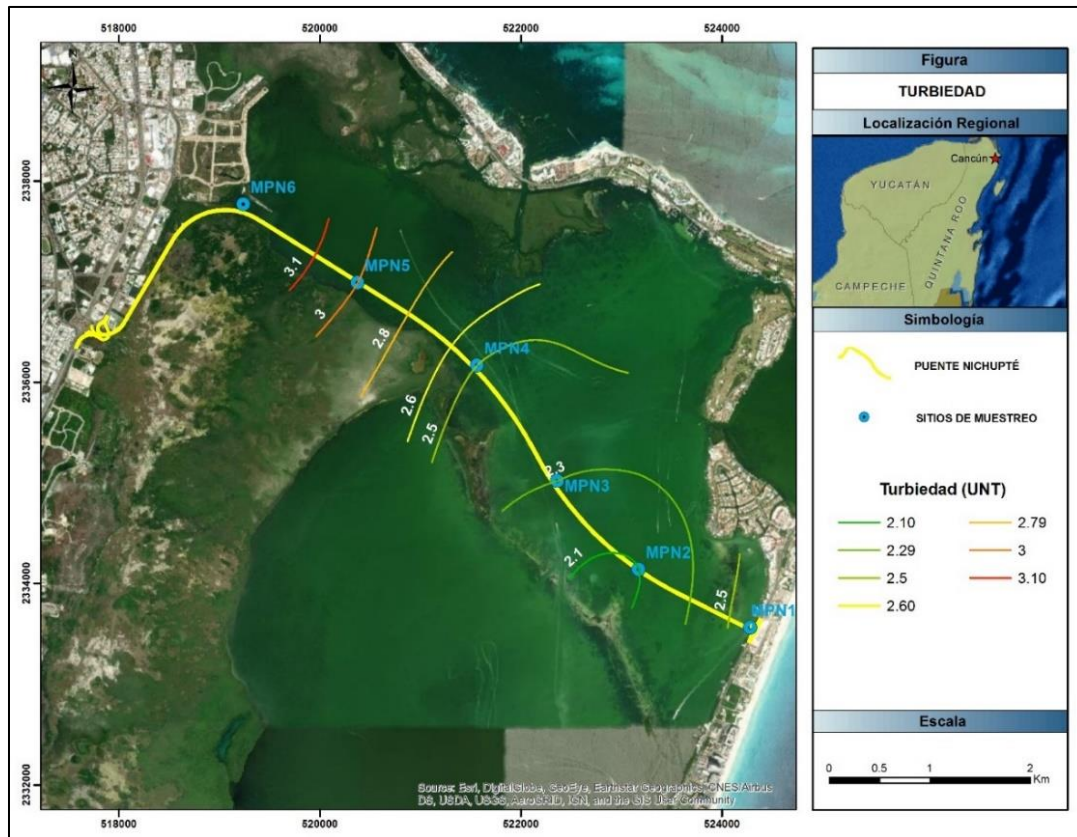
En general, la temperatura superficial se mantuvo en 29 °C, con excepción del sitio MPN6 que presenta una temperatura de 30 °C, por lo cual la temperatura del agua es más alta en el lado oeste. En algunos casos se forman algunos lentes de agua más caliente en diferentes zonas del complejo lagunar, esto es debido a que estos lentes quedan entre agua fría que surge en los manantiales (punto MPN6).

Turbidez

La turbidez en el agua es causada por sólidos no disueltos y suspendidos. El lodo, arcilla, algas, microorganismos y descarga de efluentes también pueden causar turbidez. Puede decirse que la turbidez es una medida burda de la calidad del agua.

Los valores de turbiedad en las muestras de agua tomadas de la laguna presentaron valores que oscilan entre 2.1 y 3.2 UNT, encontrándose el valor más bajo en el sitio MPN2 localizado hacia el este del trazo del puente, mientras que el más alto en el sitio MPN6 localizado hacia el oeste, como se observa en el plano de la **Figura 4.112**.

Figura 4.112. Curvas de isovalores turbiedad en agua de la Laguna Nichupté.



Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021).

Bacteriología

El sistema lagunar Nichupté, presenta problemas serios de contaminación como un resultado del crecimiento de la ciudad de Cancún y particularmente de la zona hotelera, hay fuertes evidencias de aportes de aguas residuales o aguas negras que han degradado considerablemente al sistema lagunar. En la actualidad la laguna presenta un alto grado de eutroficación en algunas áreas debido a las actividades antropogénicas que contaminan el sistema y a la baja capacidad de intercambio en algunos cuerpos de agua.

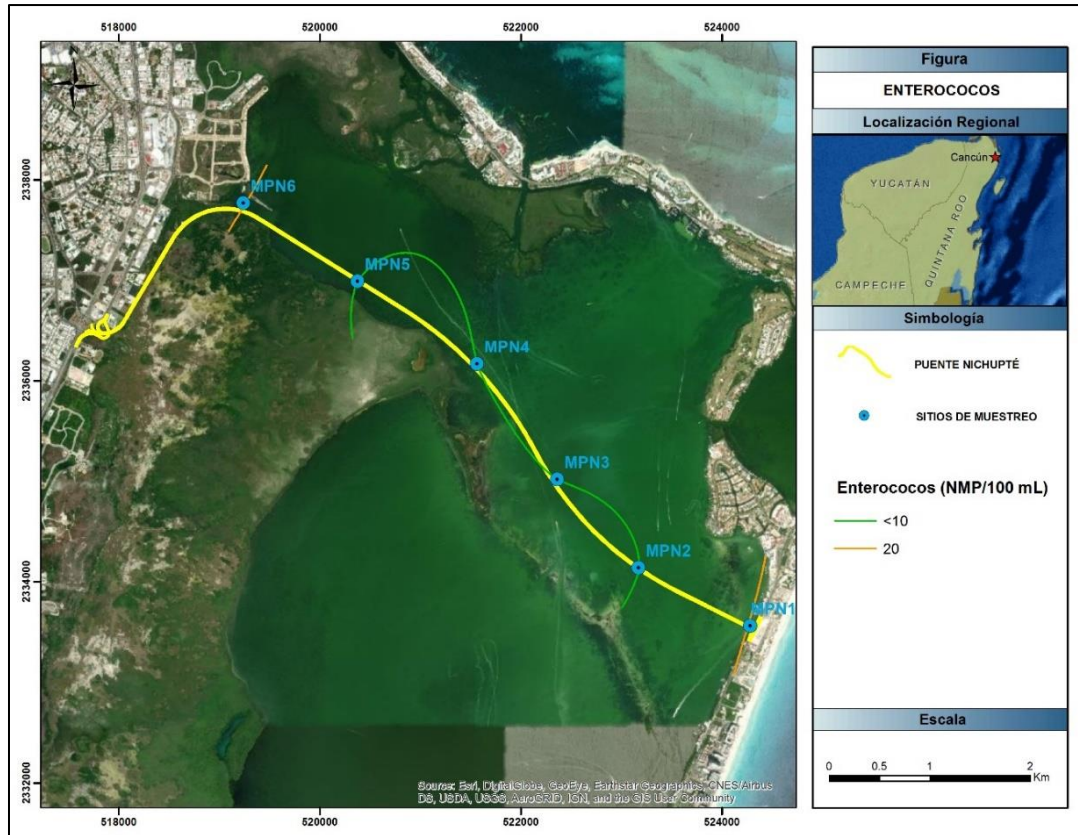
Escherichia coli. El análisis de *Escherichia coli* en todas las muestras de agua analizadas resultó menor al límite práctico de cuantificación el cual es de 3 NMP/100 ml.

Enterococos por sustrato cromogénico

Las muestras de agua tomadas en los extremos del trazo del puente (las más próximas a los bulevares Bonampak y Kukulcan) fueron las únicas que presentaron concentraciones

de enterococos con valores de 20 NMP/100 ml, el resto de las muestras presentó valores de <20 NMP/100 ml, como se puede ver en la **Figura 4.113**.

Figura 4.113. Curvas de isovalores de enterococos en agua de la Laguna Nichupté.



Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021)

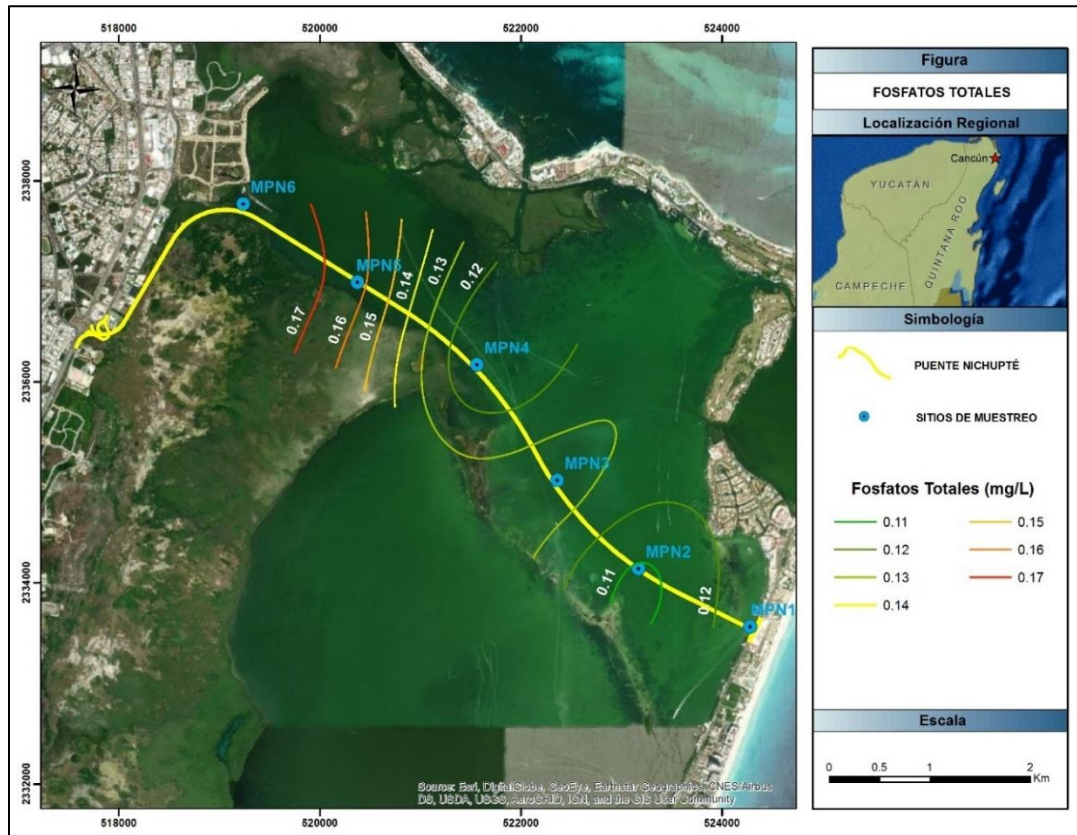
Fosfato

El fósforo se encuentra en el mar como ion fosfato, concretamente bajo la forma de ortofosfato cálcico. Su presencia es importante porque es un elemento imprescindible en la síntesis de materia orgánica en el mar y es muy utilizado por el fitoplancton (plancton vegetal). Este mismo hecho de la utilización de los fosfatos por el fitoplancton durante los procesos de fotosíntesis, hace que su concentración en el mar sea muy variable y dependa de las fluctuaciones de población fitoplanctónica y, por lo tanto, de la profundidad.

Los fosfatos totales en el área oscilan en valores desde 0.1093 mg/L hasta 0.1764 mg/L, presentándose el valor más bajo en la parte este del trazo del puente en el

sitio MPN2 y el más alto hacia el oeste en el sitio MPN6, como se puede ver en el plano de la **Figura 4.114**.

Figura 4.114. Curvas de isovalores de fosfatos totales en agua de la Laguna Nichupté.



Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021)

Compuestos nitrogenados

Amonio

Cuando la materia orgánica nitrogenada es destruida por la actividad microbológica, el amonio es producido y es por lo tanto encontrado en la mayoría de las aguas superficiales y subterráneas. Altas concentraciones son encontradas en agua contaminada por aguas residuales, fertilizantes, desechos agrícolas o industriales que contienen nitrógeno orgánico. Ciertas bacterias aerobias convierten el amonio en nitritos y entonces en nitratos. Los compuestos de nitrógeno, como nutrientes para los microorganismos acuáticos, pueden ser parcialmente responsables por la eutrofización de ríos y lagos. El amonio puede resultar de procesos naturales de reducción bajo condiciones anaerobias. Las proporciones de las dos formas de nitrógeno de amonio como amoníaco (NH₃) y ion amonio (NH₄⁺) dependen

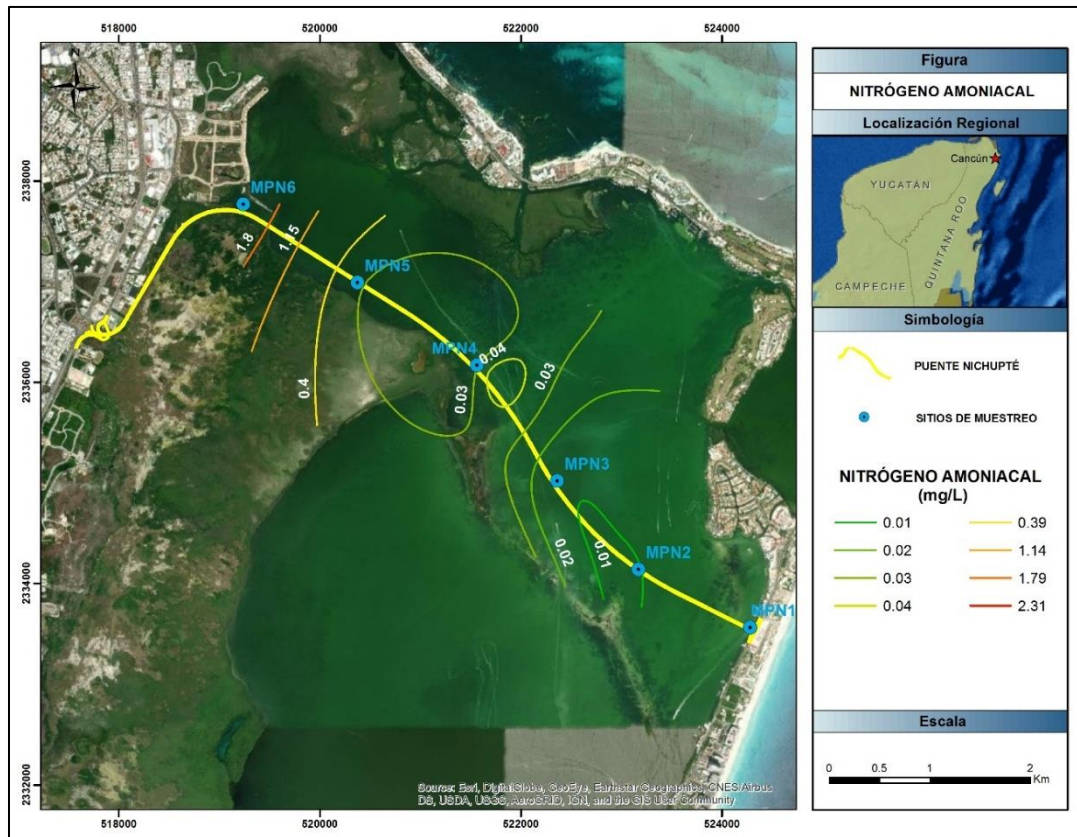
del pH (Bartram y Ballance, 1996). En todo el sistema lagunar, las concentraciones de amonio son bajas.

Puesto que los nitratos están asociados fuertemente a las aguas residuales urbanas o domésticas, el hecho de que se encuentren muy altos valores en la laguna de Bojórquez al noreste del complejo lagunar, indican la presencia importante de aguas residuales. En la zona ubicada al noroeste los valores son también altos por la influencia de los lodos municipales que son depositados en sus inmediaciones y además se ubican en esa área varios manantiales de agua con apariencia turbia por lo que pudieran provenir de la ciudad de Cancún por flujos subterráneos. Otro resultado importante es se infiere que la laguna Bojórquez está exportando nitratos hacia Nichupté (Carbajal Pérez, N. 2009. Hidrodinámica y transporte de contaminantes y sedimentos en el Sistema Lagunar de Nichupté-Bojórquez, Quintana Roo. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CQ063. México D. F.).

Nitrógeno amoniacal

Las concentraciones de nitrógeno amoniacal se presentan más elevadas que las concentraciones de nitratos y nitritos oscilando entre 0.0099 y 2.3306 mg/L, presentándose el valor más bajo en el sitio MPN2 localizado hacia el este del trazo del puente y el más alto en el sitio MPN6 localizado hacia el oeste, como se puede ver en el plano de la **Figura 4.115**.

Figura 4.115. Curvas de isovalores de nitrógeno amoniacal en agua de la Laguna Nichupté.



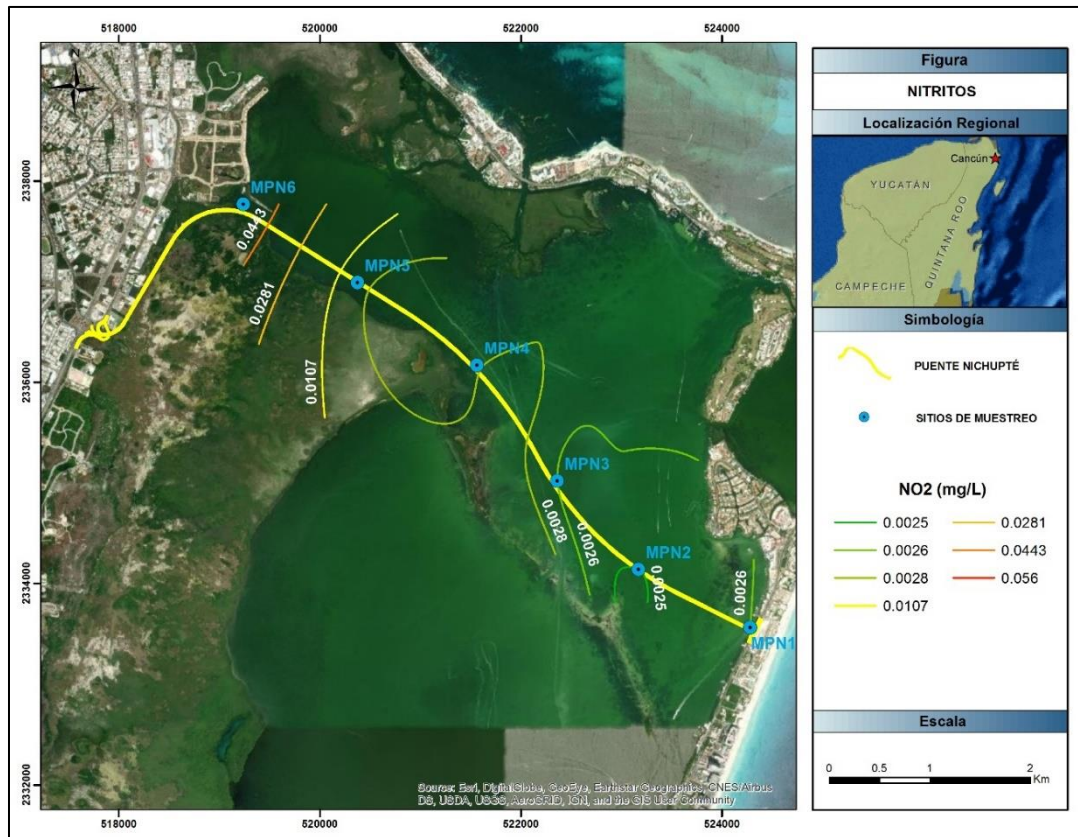
Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021)

Nitrito

El nitrito es un estado inestable intermedio en el ciclo del nitrógeno y se forma en el agua por la oxidación de amonio o por la reducción de nitrato. Por lo tanto, los procesos bioquímicos pueden causar un cambio rápido en la concentración de nitrito en una muestra de agua. En aguas naturales el nitrito está normalmente presente en aguas residuales industriales, en efluentes de aguas residuales tratadas y en agua contaminada (Bartram y Ballance, 1996).

Las concentraciones de nitritos se presentan oscilando entre 0.0025 y 0.0561 mg/L, encontrándose el valor más bajo en el sitio MPN2 localizado hacia el sureste y el más alto en el sitio MPN6 localizado hacia el noroeste del trazo del puente, como se puede ver en el plano de la **Figura 4.116**.

Figura 4.116 . Curvas de isovalores de nitritos en agua de la Laguna Nichupté.

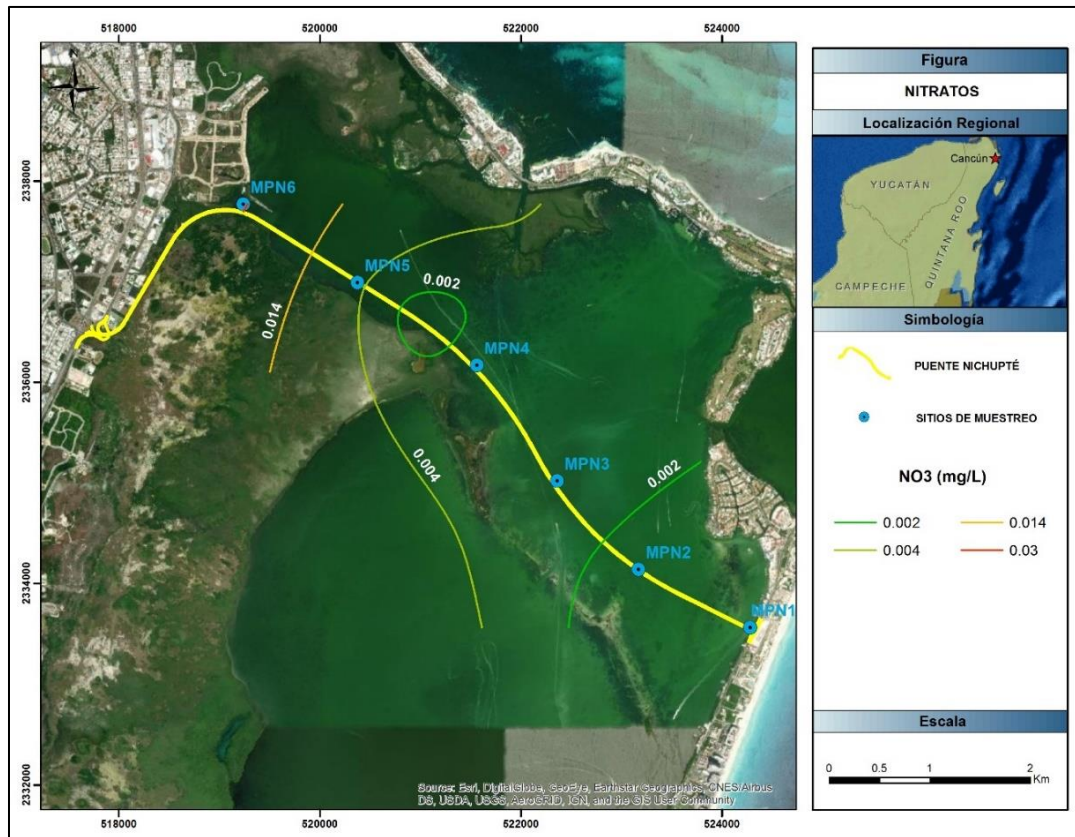


Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021)

Nitratos

Las concentraciones de nitratos en las muestras de agua tomadas oscilan entre 0.0014 y 0.0306 mg/L presentándose los valores más bajos en los sitios MPN1 y MPN2 localizados hacia el sureste del trazo del puente y el más alto en el sitio MPN6 localizado hacia el noroeste, como se puede ver en el plano de la **Figura 4.117**.

Figura 4.117. Curvas de isovalores de nitratos en agua de la Laguna Nichupté.



Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021).

Oxígeno Disuelto

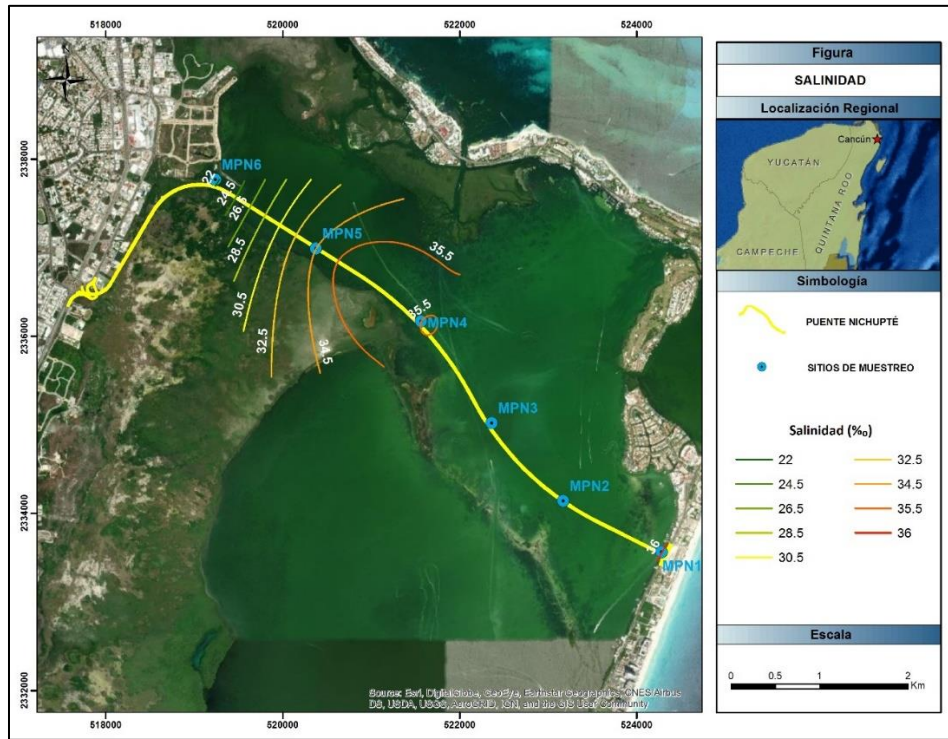
El oxígeno que se encuentra en la atmósfera se disuelve en las aguas superficiales, o se genera mediante la fotosíntesis de los organismos presentes en el cuerpo de agua. Al aumentar la profundidad, la concentración de oxígeno disuelto se reduce debido a la respiración de los diferentes organismos aerobios, los datos obtenidos en campo muestran valores desde 4.95 a 8.54 mg/l, las mayores concentraciones se presentan en la parte oeste; los valores mínimos de oxígeno disuelto pueden ser asociados a materia orgánica en descomposición.

Salinidad

El complejo lagunar presenta fuertes gradientes de salinidad que reflejan su interacción con el mar abierto y las entradas de agua de poca salinidad a través de los manantiales ubicados en diferentes puntos. Los valores obtenidos sobre el tazo del puente, varían desde 36.83 a 22.27 PSU, las menores concentraciones se localizan hacia el oeste de la laguna, se deben principalmente a los aportes de agua menos salina provenientes de aguas

subterráneas y aguas superficiales escurriendo desde tierra. Por otra parte, la salinidad en los sitios medidos oscila entre 34.5 y 36 ‰, excepto por el sitio MPN6 que presentó una salinidad menor de 21.7 ‰. De manera general se aprecia que la salinidad va disminuyendo desde el sureste hacia el noroeste como se puede ver en el plano de la **Figura 4.118**.

Figura 4.118. Curvas de isovalores de salinidad superficial en agua de la Laguna Nichupté.



Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021).

pH

El pH de una solución es el negativo del logaritmo de la actividad del ion hidrógeno en moles por litro. Como causas naturales que afectan el valor del pH encontramos en primer lugar el anhídrido carbónico disuelto procedente de la atmósfera, así como también por la respiración y fotosíntesis de los organismos acuáticos, otro factor es la contaminación industrial. Los valores de pH oscilan desde 8.3 a 8.8, los más altos se presentan en la parte central del trazo del puente.

El pH en la columna de agua presentó concentraciones muy similares de acuerdo con la profundidad, con valores que oscilan entre 8.34 y 8.48 U pH, excepto por el sitio MPN6

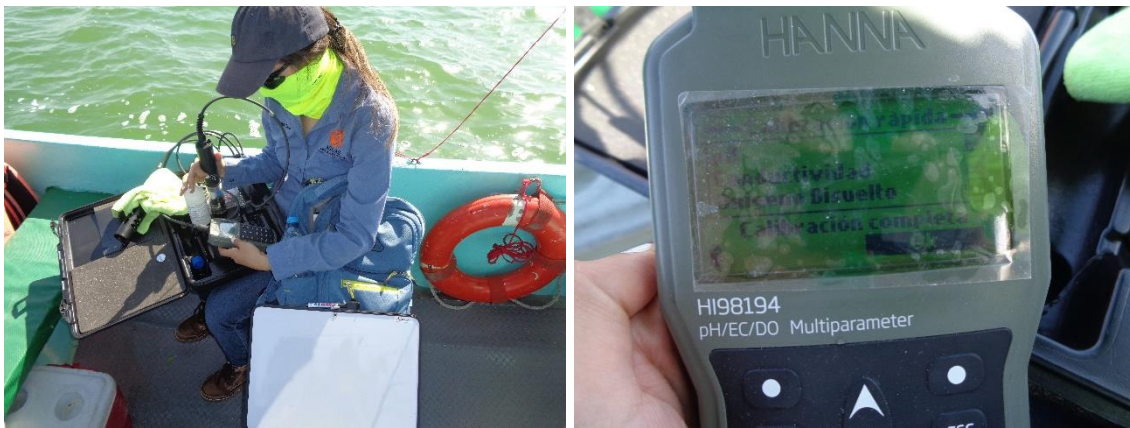
localizado hacia noroeste del trazo del puente el cual presenta un incremento con respecto a la profundidad variando de 7.76 en superficie a 8.39 en el fondo.

Medición vertical de parámetros físicos

Durante la toma de las muestras de agua, se llevó a cabo la medición de parámetros físicos del agua in situ. Estos datos fueron medidos a diferentes profundidades en la columna vertical del agua y con ellos se realizaron perfiles para conocer la distribución espacial e identificar la posible estratificación de la calidad del agua.

Los parámetros medidos en campo fueron: conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (ppm), salinidad (PSU), pH, oxígeno disuelto (ppm) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) del agua en el sitio. Para obtener dichos parámetros se utilizó un equipo multiparamétrico Hanna® HI98194, el cual fue previamente calibrado en campo, como se puede ver en la **Figura 4.119**. En la **Tabla 4.18**, se muestran los resultados de las mediciones verticales de parámetros físicos en la columna de agua de la laguna.

Figura 4.119. Calibración del equipo multiparamétrico en campo previo a la medición vertical de parámetros físicos del agua.



Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021).

Tabla 4.18. Resultados de parámetros físicos medidos verticalmente en la columna de agua en los distintos sitios de muestreo.

ID	PROF (m)	TEMP ($^{\circ}\text{C}$)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	STD (ppm)	SAL (PSU)	O.D. (ppm)
MPN1	0	28.60	8.34	55220	28064	35.14	8.18
	1	28.66	8.36	55200	28053	35.13	8.08
Fondo	2.17						
MPN2	0	29.06	8.40	55260	28084	35.17	8.06
	1	29.05	8.42	55240	28074	35.16	7.73

ID	PROF (m)	TEMP (°C)	pH	CE (μS/cm)	STD (ppm)	SAL (PSU)	O.D. (ppm)
	2	29.03	8.43	55230	28069	35.15	7.45
Fondo	2.87	29.25	8.35	57870	29410	36.83	6.62
MPN3	0	29.03	8.42	55340	28125	35.22	6.67
	1	29.02	8.43	55300	28104	35.19	6.69
	2	28.95	8.43	55320	28114	35.21	6.76
Fondo	3	28.94	8.43	55320	28114	35.21	6.67
MPN4	0	29.28	8.42	54830	27865	34.89	6.22
	1	29.33	8.43	54890	27896	34.93	6.25
	2	29.19	8.34	55960	28440	35.61	6.10
Fondo	2.3						
MPN5	0	29.44	8.41	53330	27103	33.94	6.66
	1	29.40	8.42	53340	27108	33.95	6.70
Fondo	2	29.22	8.48	53370	27123	33.97	7.26
MPN6	0	29.45	7.76	34990	17782	22.27	5.12
	1	29.61	7.95	41130	20903	26.18	5.22
Fondo	1.5	29.44	8.39	47320	24049	30.12	7.23

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021).

Con los resultados de las mediciones de parámetros físicos en la columna de agua, se llevaron a cabo dos caracterizaciones del trazo del puente en la laguna; una con base en su clasificación del agua de acuerdo con la salinidad y otra con base en la distribución de oxígeno disuelto.

Salinidad

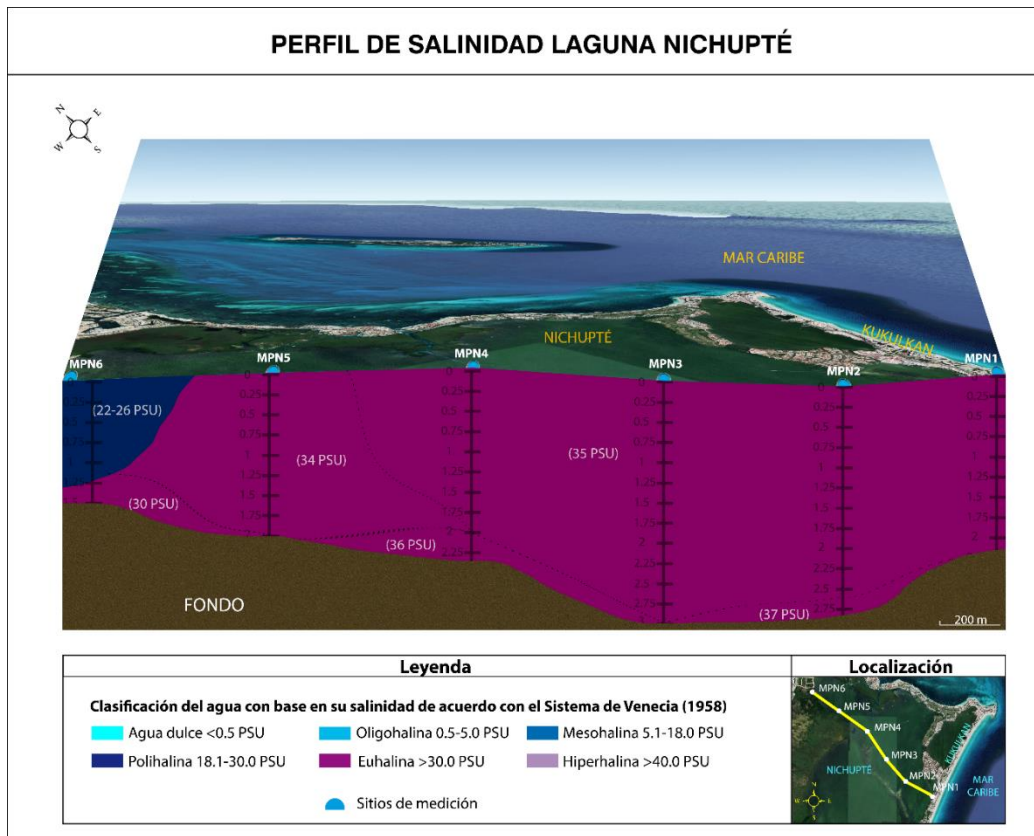
La caracterización del trazo del puente con base en el grado de salinidad se muestra en la **Figura 4.120**; esta se hizo según el Sistema de Venecia (1958), el cual considera los siguientes tipos de agua según Contreras-Espinosa (1993):

- Agua dulce <0.5 PSU
- Oligohalina 0.5-5.0 PSU
- Mesohalina 5.1-18.0 PSU
- Polihalina 18.1- 30.0 PSU
- Euhalina >30.0 PSU, dentro de esta la condición hiperhalina >40.0 PSU

En la **Figura 4.120** es posible apreciar que la salinidad se presenta de una manera casi uniforme sobre toda la columna del agua a lo largo del trazo, presentando el mayor porcentaje de agua de clasificación euhalina y un pequeño porcentaje de clasificación polihalina en la porción superior del noroeste del trazo. Se aprecia un ligero incremento

horizontal de la salinidad de noroeste a sureste, así como un incremento vertical en las mediciones del fondo en la mayoría de los sitios.

Figura 4.120. Esquema de perfil y clasificación del agua de la Laguna Nichupté con base en su salinidad de acuerdo con las mediciones verticales de parámetros físicos efectuadas en los distintos sitios de muestreo.

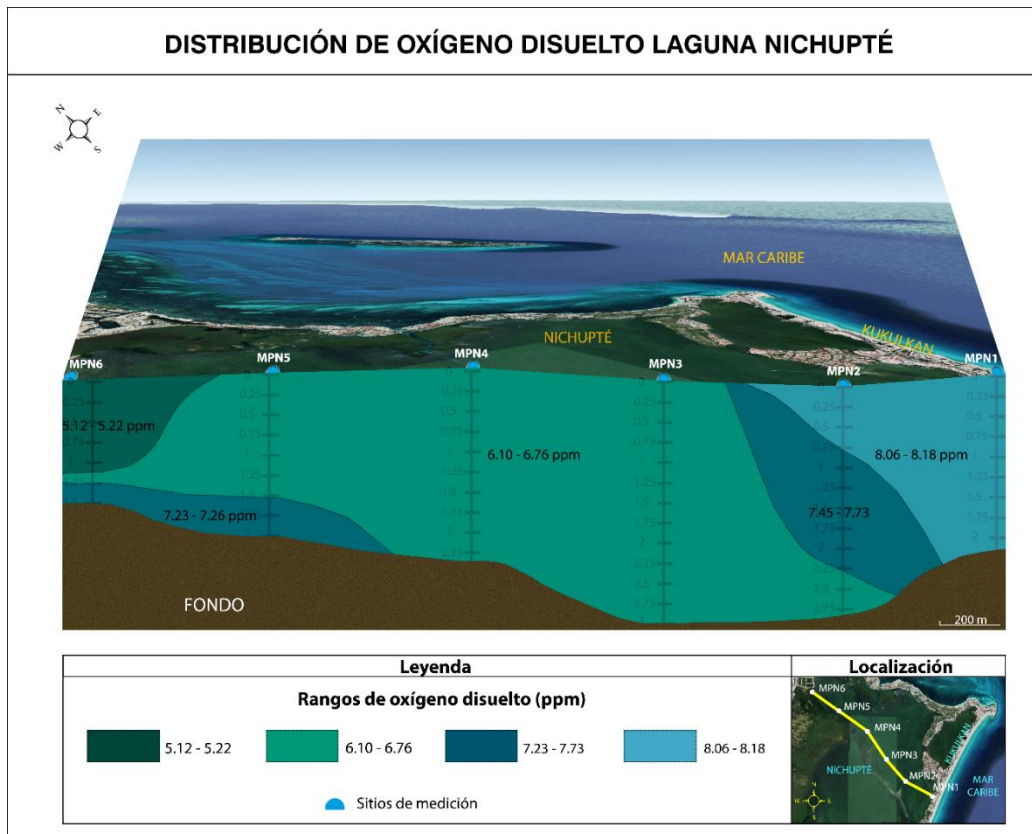


Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021).

Oxígeno Disuelto

El esquema de distribución de oxígeno disuelto se puede ver en la **Figura 4.121**. En este se puede apreciar que las mediciones en la porción central del trazo presentan concentraciones más estables a lo largo de la columna de agua, oscilando entre 6.10 y 6.76 ppm, mientras que las menores concentraciones se encuentran en la porción superior del lado noroeste oscilando entre 5.12 y 5.22 ppm, mientras que hacia el sureste se presentan las mayores concentraciones oscilando entre 8.06 y 8.18 ppm. Las menores concentraciones de oxígeno disuelto se presentaron en la porción de la laguna donde el fondo es más somero, sin embargo, las mayores concentraciones no tuvieron relación aparente con la profundidad.

Figura 4.121. Esquema de distribución de oxígeno disuelto del agua en la Laguna Nichupté de acuerdo con las mediciones verticales de parámetros físicos efectuadas en los distintos sitios de muestreo.



Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021).

4.3.1.11. Hidrocarburos y metales en el Sistema Lagunar Nichupté

El incremento de actividades y asentamientos humanos en la zona costera sin el correcto orden territorial ni los suficientes servicios para abastecer la demanda local, ha promovido la generación de aguas residuales y residuos sólidos urbanos que son incorrectamente tratados o dispuestos.

Esta situación tiene como resultado la liberación al medio ambiente costero de elementos o sustancias cuyas características químicas propias o la concentración a la que se encuentran, constituye un peligro potencial para el ecosistema.

Tal es el caso de la laguna de Nichupté, donde el exponencial desarrollo de la industria turística y el consecuente desarrollo de una zona urbana asociada, así como, la falta de sanitización adecuada del agua, junto con el incorrecto manejo de los residuos sólidos urbanos ha promovido la entrada de elementos y compuestos antropogénicos hacia el

sistema, con consecuencias tales como la disminución de la calidad del agua, contaminación de sedimentos y probablemente daño a organismos.

Entre estos elementos y compuestos, dos de los más relevantes por su alta toxicidad y daños a los estadios tempranos de los organismos son los elementos potencialmente tóxicos (denominados comúnmente metales) y los hidrocarburos del petróleo.

Los detalles del estudio realizado se pueden consultar en el **Anexo 4.7 Hidrocarburos y metales**.

4.3.1.11.1 Metales

Los metales son elementos utilizados en su mayoría en los sistemas biológicos, sin embargo, su concentración y estado químico definirán la toxicidad que para la biota puedan llegar a representar. En el caso de los elementos potencialmente tóxicos (As, Cd, Cr, Hg y Pb), concentraciones de microgramos por gramo pueden ser nocivas especialmente para los estadios primarios de los organismos.

En el caso del Sistema Lagunar Nichupté (SLN), la presencia de estos elementos ha sido brevemente documentada. Cejudo et al. (2009), muestran una breve retrospectiva histórica (12 años) de las concentraciones de metales pesados medidos en este sistema (**Tabla 4.19**). Estas concentraciones muestran que con base en la normativa NOM-001-Semarnat-1996, la laguna muestra un estado ambiental bueno, sin embargo, no hay estudios recientes que den cuenta del estado actual en materia de contaminantes y se desconoce si el estado ambiental puede verse modificado con los metales que el proyecto libere desde los sedimentos hacia la columna de agua, si no se aplican medidas de contención adecuadas.

Como ejemplo de esta liberación de elementos potencialmente tóxicos desde los sedimentos hacia la columna de agua, Buenfil-Rojas et al. (2018) mencionan la presencia de Hg en sedimentos, en una concentración promedio de 0.23 ppm, la cual rebasa el valor de daño probable a la biota dado por la NOAA de EUA (Buchman, 2008) que es de 0.14 ppm. Por lo que de ser re suspendidos dichos sedimentos durante la fase de construcción podrían ocasionar un impacto en el sistema.

Tabla 4.19 .Concentración histórica de metales en la laguna de Nichupté, Quintana Roo, México.

Autor	Cadmio (mg/L)	Hierro (mg/L)	Plomo (mg/L)
Carbajal-Pérez 2013a	0.07-0.012	0.13-0.27	0.3-1.88
Cejudo et al. 2009	<0.007-0.24	<0.02-11	<0.2
NOM-001-Semarnat-1996 Aguas costeras (recreación; PMb)	0.2	n.e	0.5
CE-CCA-001/89 (Recreativo, contacto primario)	n.e	n.e	n.e
CE-CCA-001/89 (protección de vida acuática, áreas costeras)	0.0009	n.e	0.006

^a = Concentración en sedimentos de Manglares de Nichupté

^b = PM – Promedio mensual

n.e. = no especificado

Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021)

Respecto a la biota del área, debido al desarrollo de Cancún como centro turístico y, en consecuencia, el desarrollo de severas presiones ambientales (muelles, vertidos de aguas residuales, combustibles, construcción de complejos turísticos, comerciales, urbanos), se han reportado concentraciones de metales en el pasto marino *Thalassia testudinum* de este sitio (Cu = 2.1 ± 0.9 µg/g, Zn = 15.3 ± 5.6 µg/g), por lo que se le considerada como una laguna costeras contaminada (Carbajal y Chavira 1985; Ortiz-Lozano et al. 2005; Whelan et al. 2011).

Sin embargo, el estudio más completo realizado en términos de determinación de metales en el área es el de Carbajal (2007) que analiza la concentración de Pb, Cd, Zn, Cu y Fe en tres épocas hidrológicas relevantes para el sistema. Los resultados obtenidos por Carvajal se presentan a continuación; a estos se suman los resultados obtenidos para el estudio realizado entre abril y mayo del 2021, los cuales se consideran resultados de línea base para el Proyecto, algunos de ellos carecen de antecedentes, estos serán evaluados a través del Programa de Monitoreo Ambiental asociado y resultan de igual manera en un referente de soporte para la toma de decisiones de las autoridades municipales, estatales y federales en la implementación de las políticas públicas adecuadas que regulen las actividades y los residuos y contaminantes que generan en beneficio de este y otros sistemas acuáticos que reciben influencia antrópica de la misma naturaleza.

Plomo

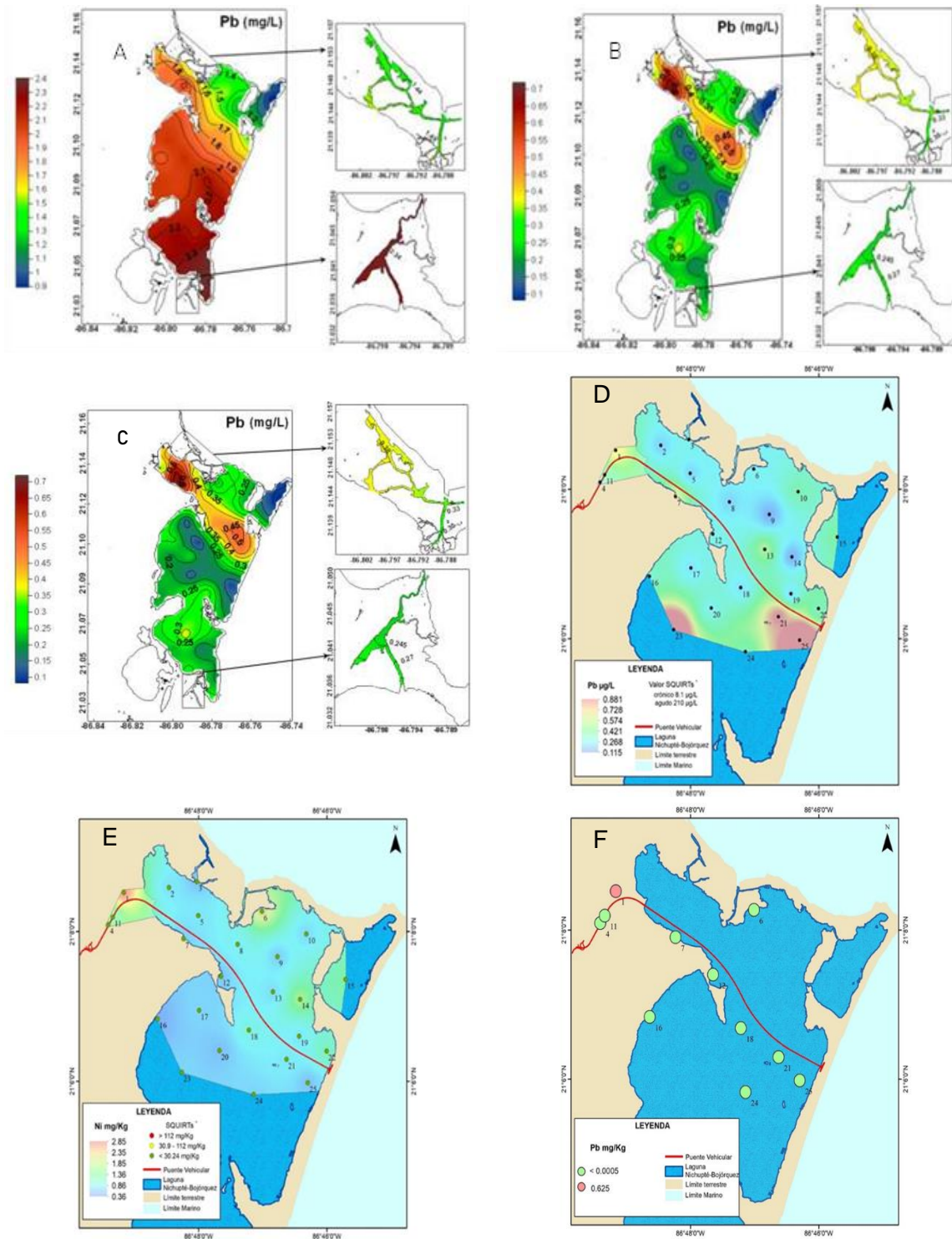
En la **Figura 4.122a**, se presentan las variaciones del Pb en el SLN entre el 2006 y 2007. se detectaron valores de plomo altos en la parte central y sur de Nichupté. Estos resultados indican que la laguna del Inglés parece estar exportando metales pesados hacia el cuerpo de agua principal de Nichupté, o bien, el plomo se debe al tráfico de lanchas turísticas en esa zona que usan motores en mal estado y aceites que contienen este metal. Los valores

relativamente bajos en la parte norte de Nichupté pueden ser explicados por que en esa zona hay un intercambio de aguas con el mar abierto. Es importante señalar que los valores medidos rebasan la norma mexicana NOM-001-ECOL-1996, que permite un máximo de 0.2 mg/L de este elemento para explotación de recursos pesqueros y 0.5 mg/L para recreación. En marzo de 2007, los valores máximos fueron registrado en la parte noroeste, en las cercanías de un manantial de agua subterránea por lo que el aporte pudo ser externo al sistema. Los resultados del 2021 indican que las máximas concentraciones encontradas se encuentran un orden de magnitud por debajo de la concentración de daño crónico a los estadios tempranos de la biota y alrededor de dos órdenes de magnitud por debajo de la concentración de daño agudo (Buchman, 2008). Estos valores máximos se ubican en los sitios 21, 23 y 25 zona norte y zona centro de la LN.

Con respecto a los sedimentos (**Figura 4.122b**), la mayor concentración se ubica en la zona Tajamar (estación 1), pero no rebasa el valor de daño probable a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008). Los resultados obtenidos concuerdan con lo mencionado por Carbajal (2007) que indica a la zona de Tajamar como la que presenta mayor concentración de este elemento.

Sobre la concentración de este elemento en el componente biológico (pastos y manglar), en la **Figura 4.122c**, se muestra la concentración de plomo en el componente biológico (pastos y/o mangle) en el SLN. La mayor concentración se observa en la zona Tajamar (estación 1) que presenta al menos tres órdenes de magnitud superior en comparación con el resto del componente biológico muestreado.

Figura 4.122. Concentración de Plomo en sedimentos del Sistema Lagunar Nichupte-Bojórquez en: (A) noviembre 2006; (B) marzo 2007; (C) julio-agosto 2007 en (Carvajal 2007); abril-mayo 2021 en agua (D); abril-mayo 2021 en sedimentos (E) y componente biológico (F).



Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), modificada por GPA.

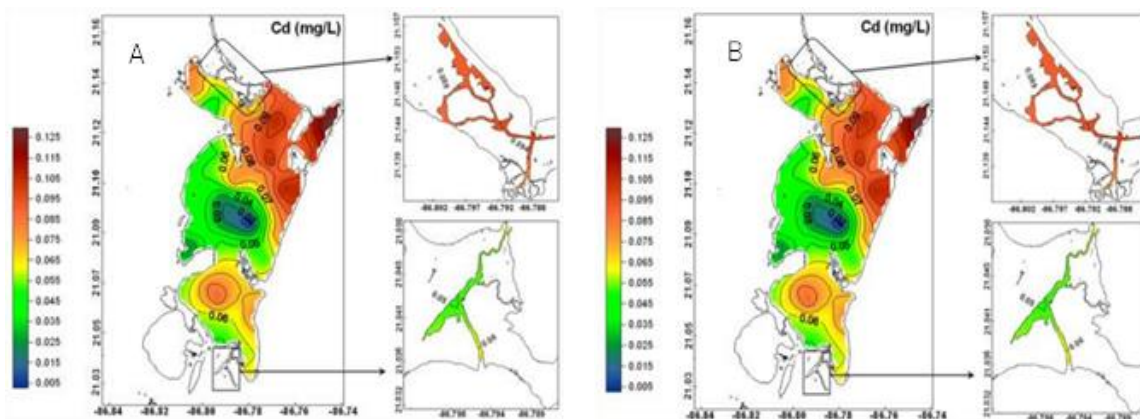
Cadmio

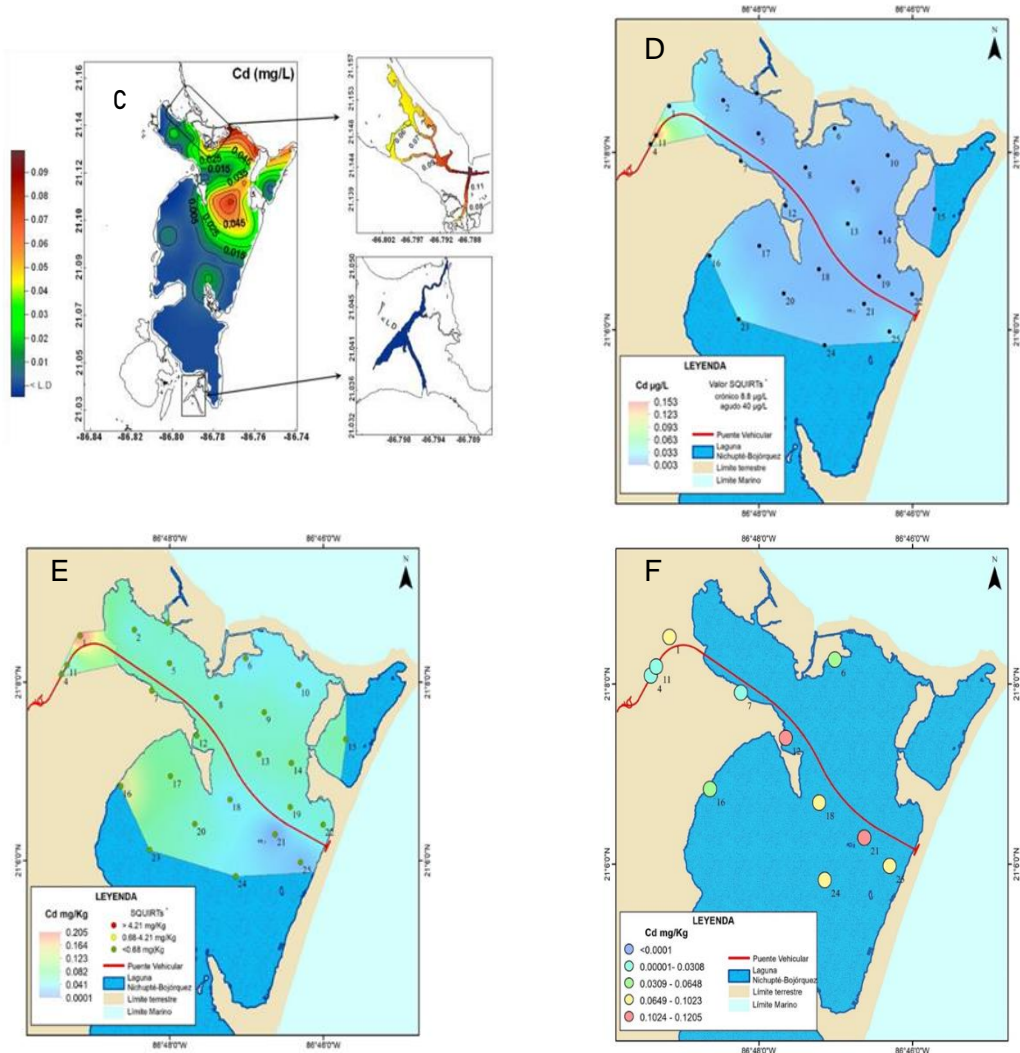
La norma mexicana, NOM-001-ECOL-1996, permite un valor máximo de 0.1 mg/L para explotación pesquera y 0.2 mg/L para recreación (**Figura 4.123a**). Algunos de los sitios rebasan el valor de norma y en términos generales se observa que la laguna de Bojórquez está exportando cadmio hacia el resto del sistema lagunar. Para el 2021, la concentración se encuentra un orden de magnitud por debajo de la concentración de daño crónico en estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008) y dos órdenes de magnitud por debajo de la concentración de daño agudo en estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008); sin embargo, la tendencia nos muestra una zona de mayor concentración en la zona de Tajamar del SLN (sitios 1, 4 y 11), al igual que para el Al.

En los sedimentos (**Figura 4.123b**), el máximo encontrado se ubica en la zona Tajamar de la LN (estación 1), sin embargo, la concentración no rebasa el valor de daño a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008). En este caso los valores encontrados coinciden con los informados por Carbajal (2007) quien también señala a Tajamar como el área de mayor concentración.

En cuanto a la concentración del cadmio en pastos y/o mangle del SLN (**Figura 4.123c**). La mayor concentración se observó en la zona central (estación 12 y 21) que presenta al menos un orden de magnitud superior en comparación con el resto del componente biológico muestreado.

Figura 4.123. Concentraciones de Cadmio en sedimentos del Sistema Lagunar Nichupte-Bojórquez en noviembre 2006 (A); marzo 2007 (B), julio-agosto 2007 (C) según Carvajal 2007; abril-mayo 2021 en agua (D); abril-mayo 2021 en sedimentos (E) y componente biológico (F) en 2021.



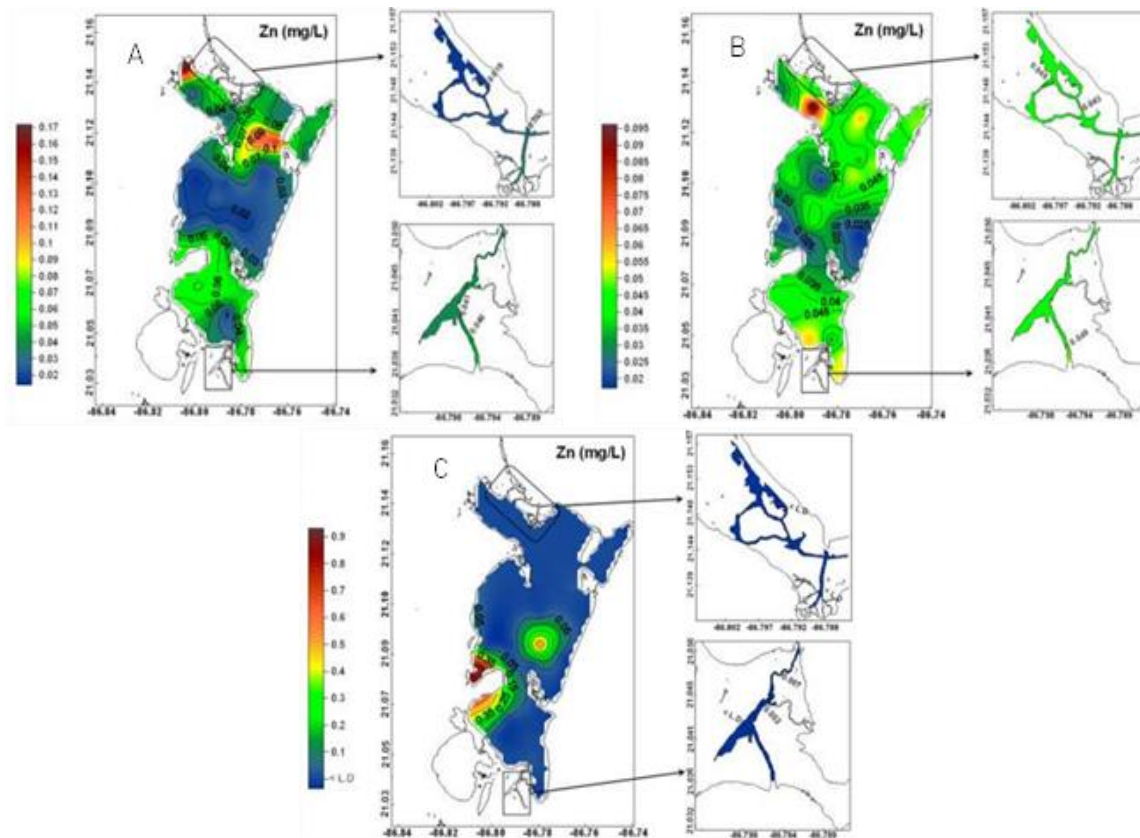


Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), modificada por GPPA.

Zinc

Para este elemento la norma señala un valor de explotación de recursos pesqueros de 10 mg/L mientras que para recreación es de 20 mg/L. Los valores encontrados respecto a Zn para el sistema se encuentran en al menos un orden de magnitud por debajo de la norma (Figura 4.124).

Figura 4.124. Concentraciones de Zinc en sedimentos del Sistema Lagunar Nichupte-Bojórquez en (A) noviembre 2006; (B) marzo 2007 y (C) julio-agosto 2007.

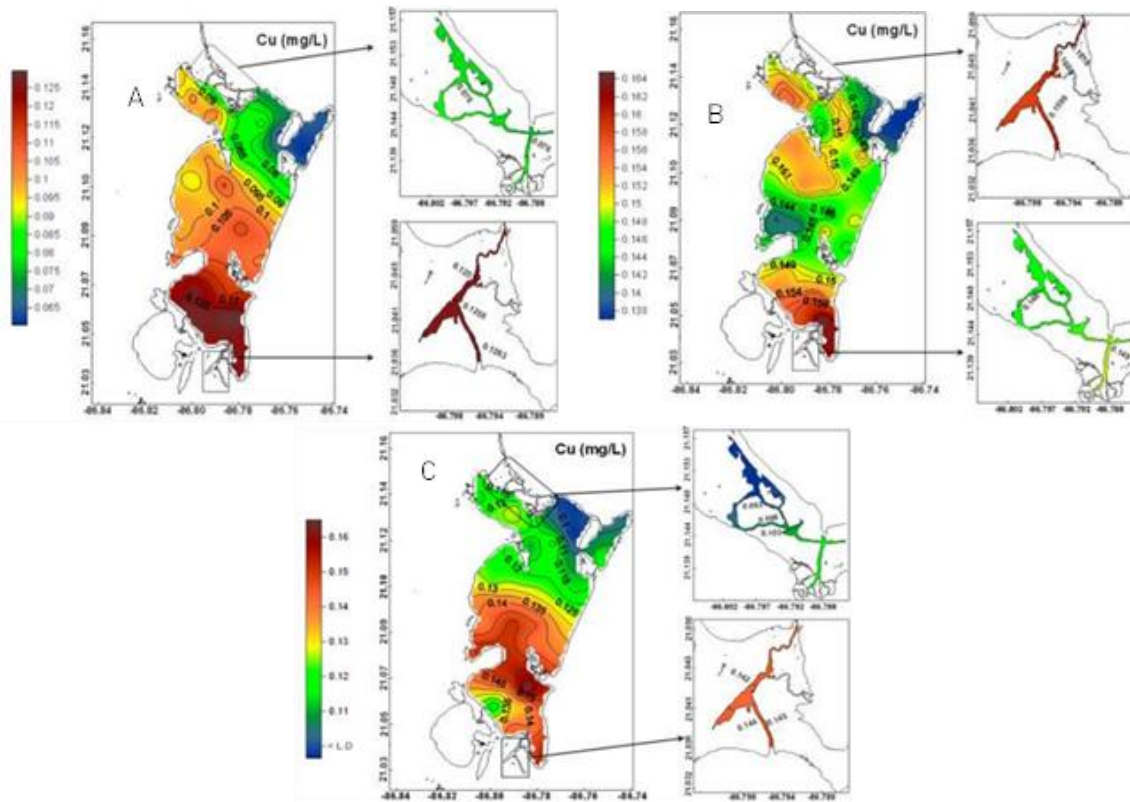


Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), tomada de Carvajal, 2007.

Cobre

Para el Cu las concentraciones registradas muestran que la parte sur del complejo lagunar contiene relativamente altos valores de cobre. Consistentemente, en noviembre de 2006, marzo de 2007 y julio-agosto de 2007, las concentraciones en las inmediaciones de la laguna Inglés y en el canal que comunica a la boca Punta Nizuc. (**Figura 4.125**) Se tiene conocimiento que en la zona de la Laguna del Inglés fue usada como basurero. Este hecho puede ser la causa para las altas concentraciones medidas en la parte sur de Nichupté. Otra área con relativamente altos valores de concentración se ubica en la parte noroeste, en las cercanías de manantiales de aguas subterráneas. Los valores máximos medidos de concentraciones de cobre fueron de 0.156 mg/L, en marzo de 2007, por lo que en ningún momento o sitio se rebasa el valor de norma de 4 mg/L.

Figura 4.125. Concentración de Cobre en sedimentos del Sistema Lagunar Nichupte-Bojórquez en noviembre 2006 (A), marzo 2007 (B) y julio-agosto 2007 (C).

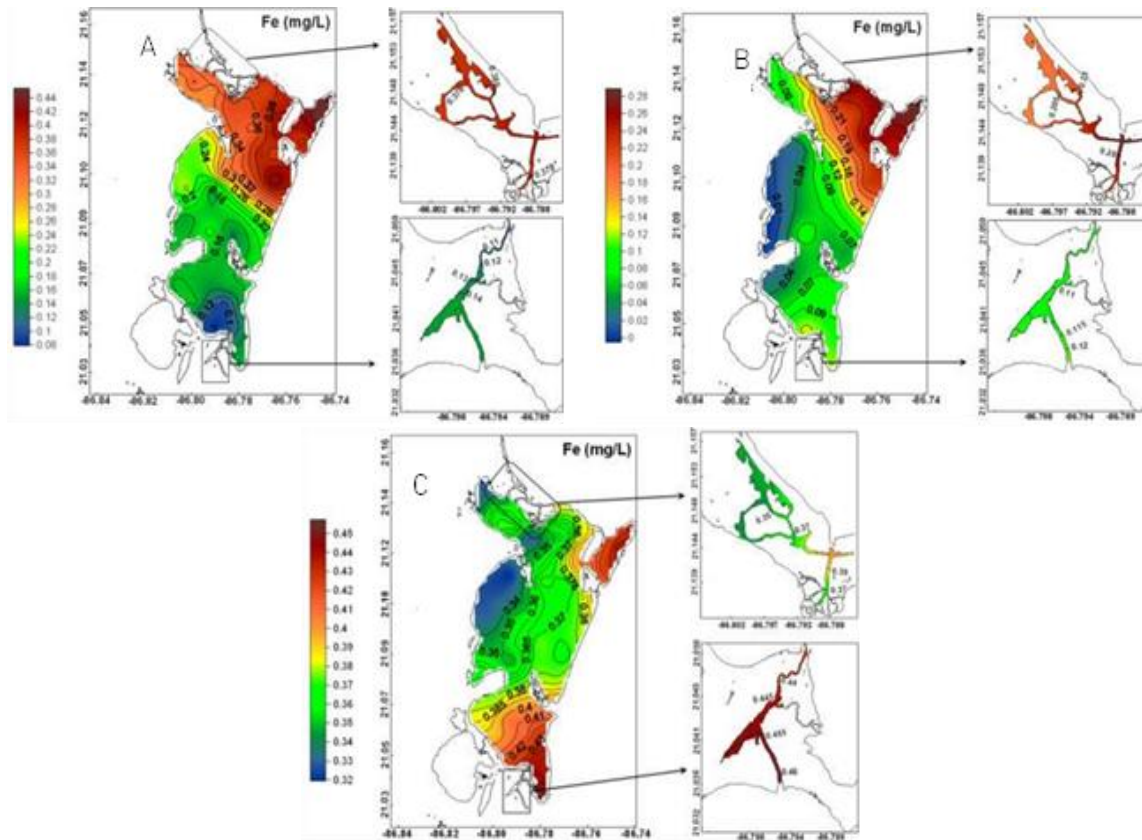


Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), tomada de Carvajal, 2007.

Hierro

A diferencia de las altas concentraciones de cobre en la parte sur, las concentraciones más altas de hierro fueron observadas en la parte norte del sistema lagunar de Nichupte-Bojórquez. De las distribuciones mostradas en la **Figura 4.126**, se infiere que la laguna Bojórquez está exportando hierro hacia el resto del sistema lagunar. Los valores más altos fueron de 0.44 mg/L en la laguna Bojórquez en noviembre de 2006 y en la parte sur de Nichupte en julio-agosto de 2007. No existe un valor de norma para este elemento, sin embargo, con base en el valor dado por la NOAA (Buchman, 2008) para probable daño a los estadios tempranos de la biota (0.3 a 1 mg/L) la laguna puede estar teniendo una calidad ambiental regular con respecto a este elemento.

Figura 4.126. Concentraciones de Hierro en sedimentos del Sistema Lagunar Nichupte-Bojórquez en noviembre 2006 (A), marzo 2007 (B) y julio-agosto 2007 (C).

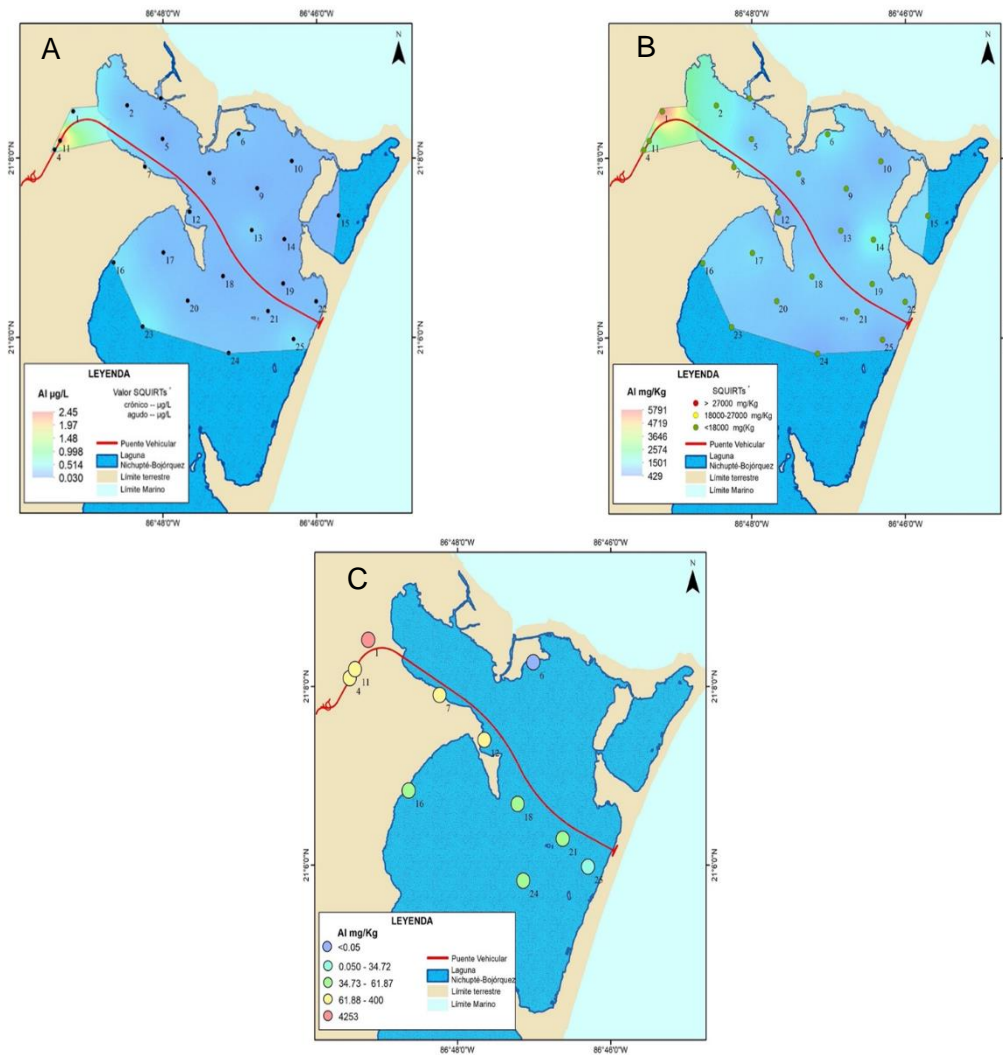


Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), tomada de Carvajal, 2007.

Aluminio

En la **Figura 4.127a**, se muestra la concentración de aluminio en agua de la LN. En este caso, no existe un valor recomendado o normado nacional o internacional, sin embargo, la tendencia nos muestra una zona de mayor concentración en la zona de Tajamar de la LN (sitios 1, 4 y 11), con un incremento de concentración de hasta dos órdenes de magnitud. En cuanto a los sedimentos, En la **Figura 4.127b**, se muestra la concentración de aluminio en sedimentos de la LN. Se observa que la mayor concentración se ubica en la zona Tajamar (estación 1), sin embargo, dicha concentración máxima no rebasa el valor de daño a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008). En la **Figura 4.127c**, se muestra la concentración de aluminio en el componente biológico (pastos y/o mangle) del SLN. La mayor concentración se observa en la zona Tajamar (estación 1) que presenta al menos un orden de magnitud superior en comparación con el resto del componente biológico muestreado.

Figura 4.127. Concentración de aluminio en agua (A), sedimentos (B) y componente biológico (C) de la Laguna Nichupté en 2021.



Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), modificada por GPPA.

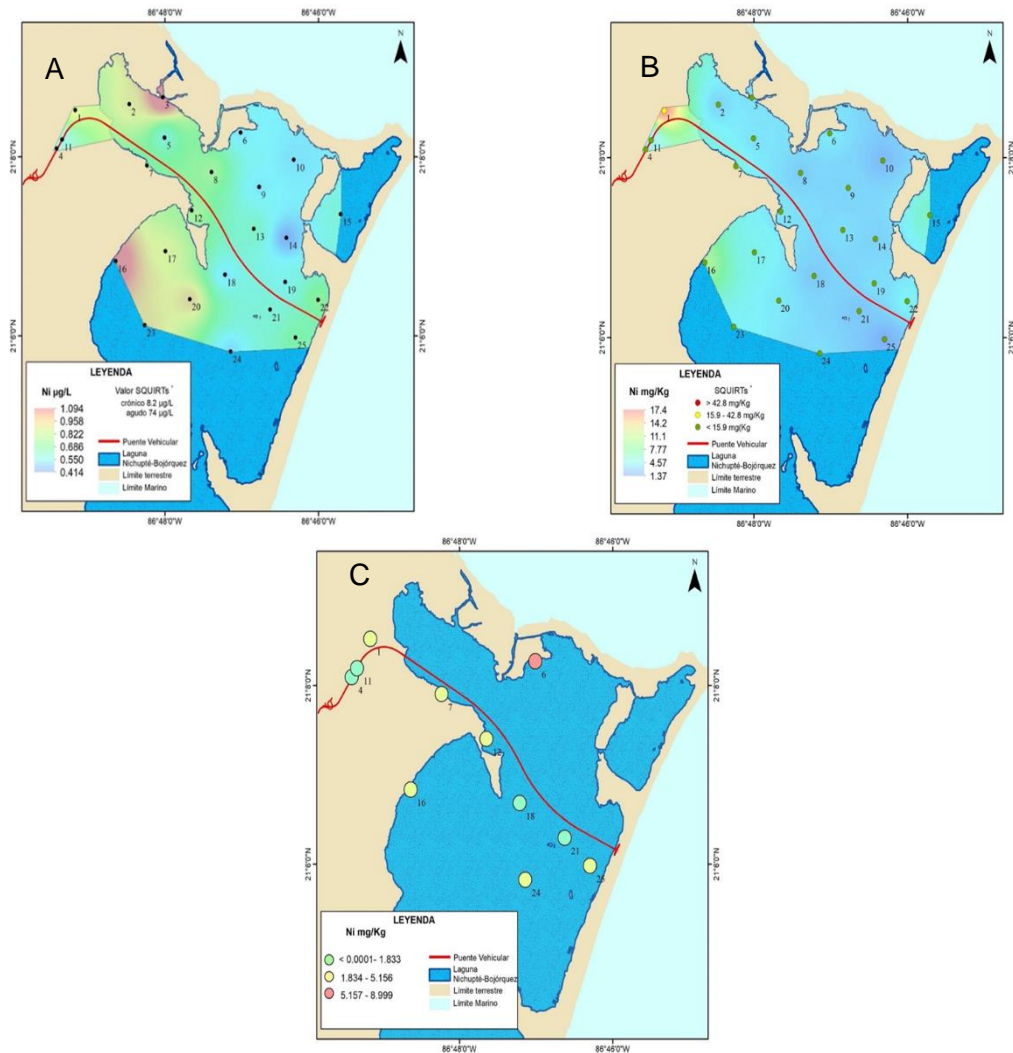
Níquel

En este caso, la concentración máxima encontrada no rebasa el valor de daño crónico a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008), pero es importante señalar que se encuentra en el rango de magnitud. Respecto al valor de daño agudo a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008) se observa que la concentración en el SLN está al menos dos órdenes de magnitud por debajo. Los máximos de concentración de Ni (**Figura 4.128a**) se ubican en el sitio 3 (Tajamar), y en el sitio 16 (zona centro).

En cuanto a la concentración de este elemento en los sedimentos (**Figura 4.128b**), la máxima se presenta en la zona Tajamar (estación 1) y está cercana al valor de daño a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008).

Sobre la concentración de este elemento en el componente biológico (pastos y manglar), la mayor concentración se observó en la zona NC (estación 6) que presenta al menos el doble de concentración en comparación con el resto del componente biológico muestreado (**Figura 4.128c**).

Figura 4.128. Concentración de níquel en agua (A) y sedimentos (B) de la laguna de Nichupté 2021.



Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), modificada por GPPA.

Estaño

En la **Figura 4.129a**, se muestra la concentración en agua de estaño en la LN. Como se observa las máximas concentraciones encontradas se encuentran ubicadas en la zona

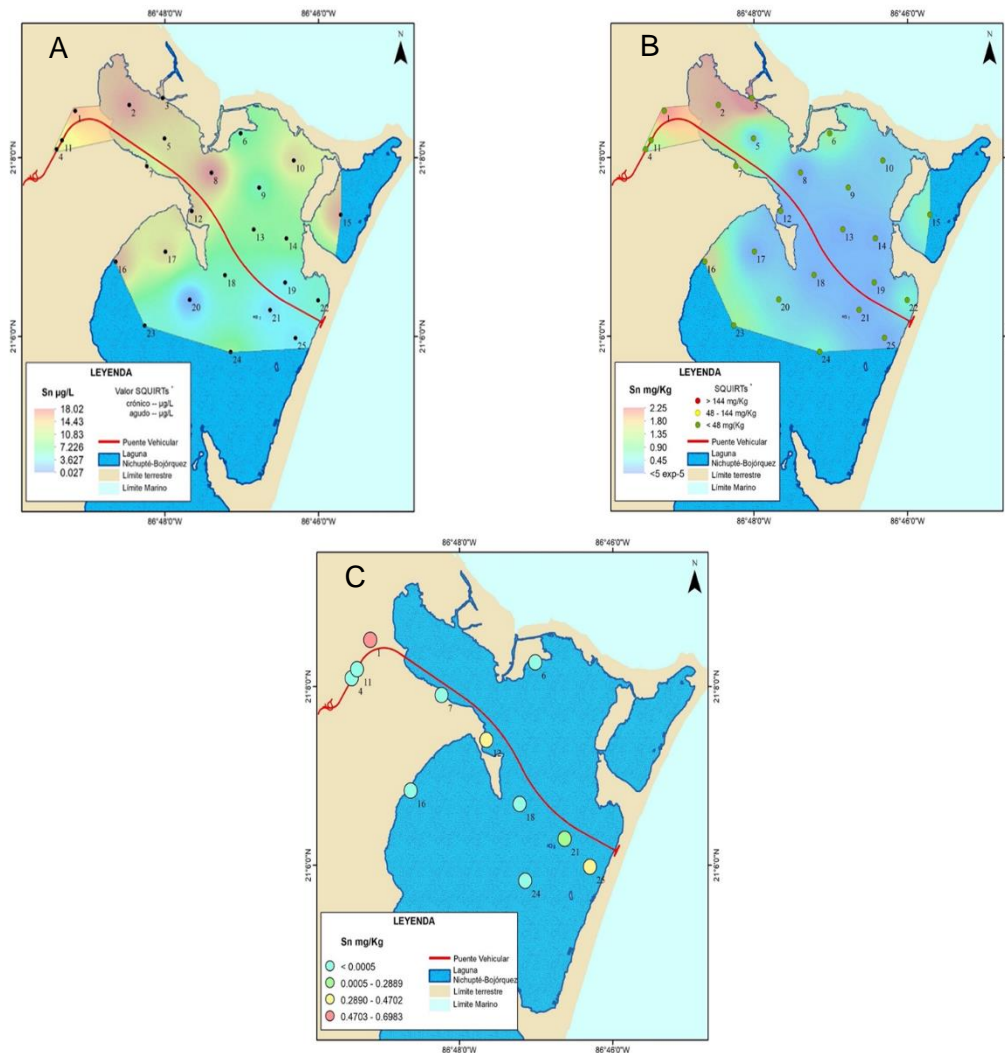
Tajamar, Bojórquez y norte de la laguna (sitios 1, 2, 3, 8, 12, 15, 16 y 17). La distribución espacial del Sn es más homogénea, sin embargo, no existe un valor normado o recomendado para este elemento en agua salobre/marina.

Con respecto a los sedimentos (**Figura 4.129b**), las mayores concentraciones se localizaron en la zona de Tajamar de la LN, sin embargo, los valores encontrados están al menos un orden de magnitud por debajo del valor de daño temprano a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008).

En la **Figura 4.129c**, se muestra la concentración de estaño en el componente biológico (pastos y/o mangle) de la LN. La mayor concentración se observa en la zona Tajamar (estación 1) que presenta al menos tres órdenes de magnitud superior en comparación con el resto del componente biológico muestreado.

Cuando usted ingiere estaño en sus alimentos, muy poco pasa a la corriente sanguínea. La mayor parte del estaño se mueve a lo largo de los intestinos y abandona su cuerpo en las heces. Cierta cantidad de estaño abandona su cuerpo en la orina. Si usted respira aire que contiene vapores o polvos de estaño, cierta cantidad de estaño puede permanecer atrapada en los pulmones. Sin embargo, esto no afecta la respiración si la cantidad es pequeña. Si usted traga partículas de estaño metálico, éstas abandonarán su cuerpo en las heces. Muy poco estaño puede entrar al cuerpo a través de la piel intacta. Su cuerpo puede eliminar la mayor parte del estaño inorgánico en semanas, pero cierta cantidad puede permanecer en su cuerpo 2 a 3 meses. Los compuestos inorgánicos de estaño abandonan el cuerpo rápidamente y la mayoría desaparece en un día. Cantidades muy pequeñas de estaño permanecen en algunos tejidos, por ejemplo, los huesos, por períodos más prolongados (Agencia de sustancias tóxicas y el registro de enfermedades, s.f.).

Figura 4.129. Concentración de estaño en agua (A), sedimentos (B) y componente biológico (C) de la laguna Nichupté en 2021.



Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), modificada por GPPA.

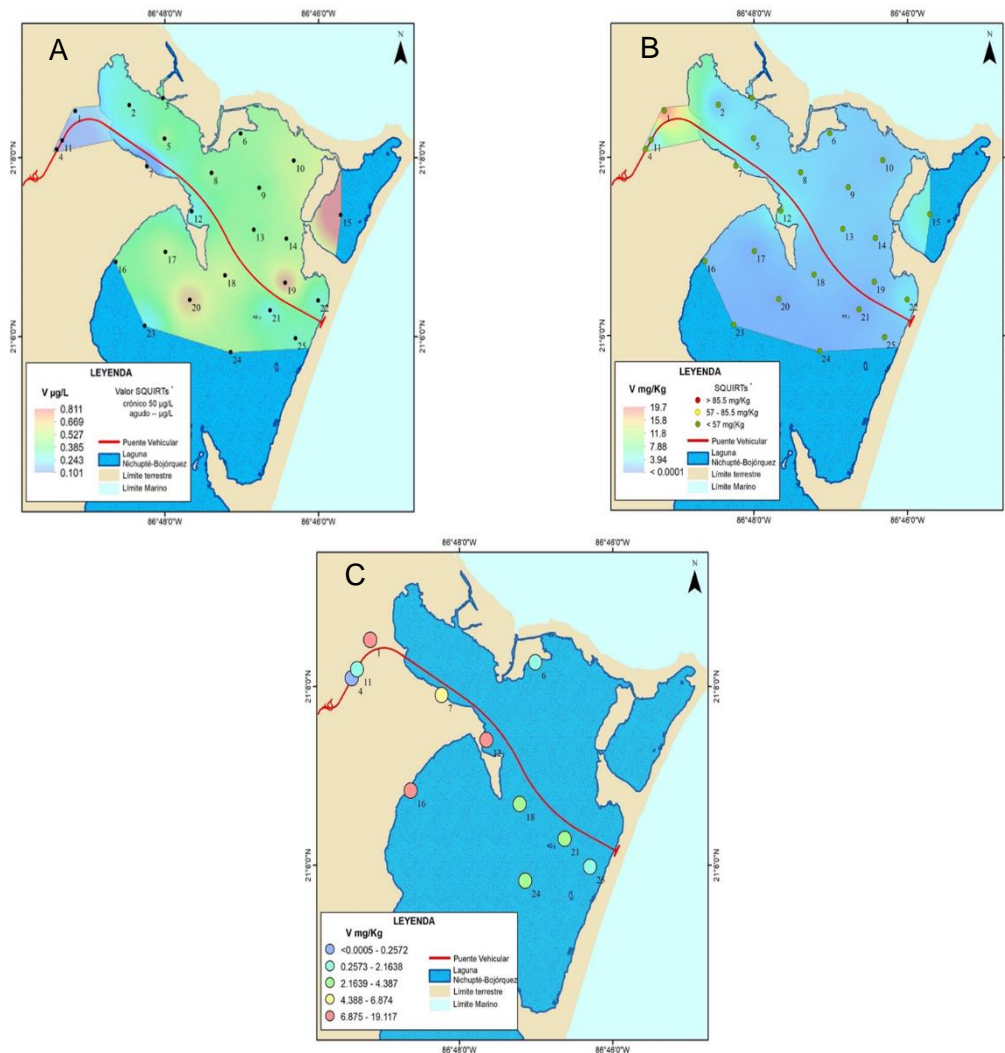
Vanadio

En la **Figura 4.130a**, se muestra la concentración de vanadio en agua de la LN. Como se observa la máxima concentración encontrada se ubica en la zona Bojórquez de la laguna (sitio 15) y con dos máximos más en la zona norte y centro (sitios 19 y 20). La máxima concentración está en al menos dos órdenes de magnitud por debajo de la concentración de daño crónico a estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008).

Acercas de los sedimentos (**Figura 4.130b**), la mayor concentración se observó en la zona de Tajamar de la LN (estación 1), sin embargo, la concentración no rebasa el valor de daño a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008).

En la **Figura 4.130c**, se muestra la concentración de vanadio en el componente biológico (pastos y/o mangle) en el SLN. La mayor concentración se observó en la zona Tajamar (estación 1), zona norte (estación 12) y zona centro (estación 16), las concentraciones son al menos del doble en comparación con el resto del componente biológico muestreado.

Figura 4.130. Concentración de vanadio en agua (A), sedimentos (B) y componente biológico (C) de la laguna Nichupté en 2021.



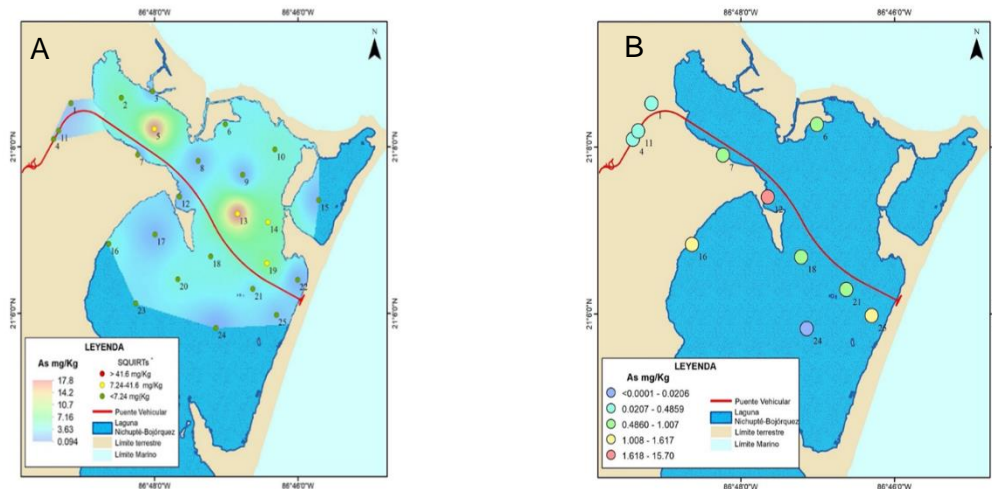
Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), modificada por GPPA.

Arsénico

En la **Figura 4.131a**, se observa la concentración de arsénico en sedimentos de la LN. Los máximos encontrados se ubican en la zona Tajamar (estación 5) y la zona norte (estaciones 13, 14 y 19). En este caso la concentración encontrada se encuentra cercano al valor de daño probable a los estadios tempranos de la biota, aunque aún no rebasa dicho valor. En

la **Figura 4.131b**, se muestra la concentración de arsénico en el componente biológico (pastos y/o mangle) del SLN. La mayor concentración se observó en la zona norte (estación 12) que presenta al menos un orden de magnitud superior en comparación con el resto del componente biológico muestreado.

Figura 4.131. Concentración de arsénico en sedimentos (A) y componente biológico (B) de la laguna de Nichupté en 2021.

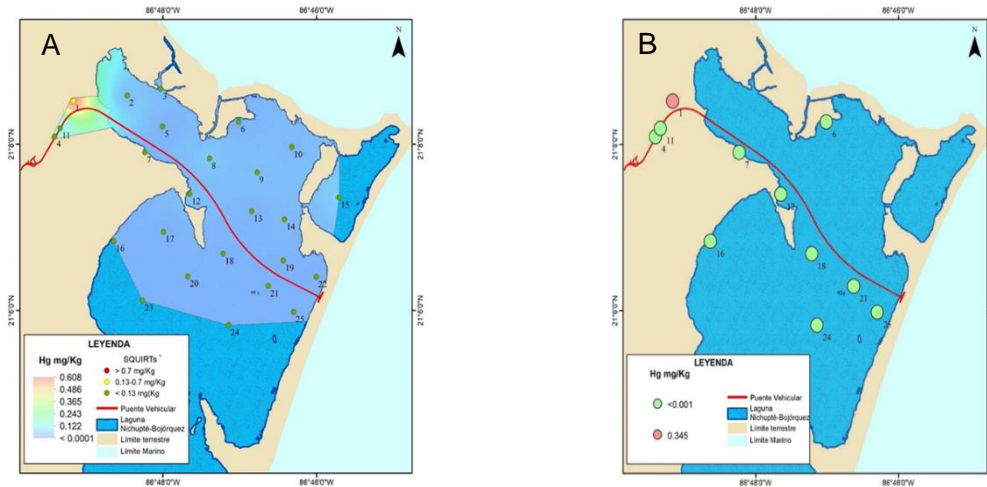


Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), modificada por GPA.

Mercurio

En la **Figura 4.132a**, se muestra la concentración de mercurio en sedimentos de la LN. La máxima concentración encontrada se ubica en la zona Tajarar de la LN (estación 1) y está cercana a la concentración de daño a los estados tempranos de la biota (Buchman, 2008), sin rebasar dicho valor. En la **Figura 4.132b**, se muestra la concentración de mercurio en pastos y/o mangle del SLN. La mayor concentración se observa en la zona Tajarar (estación 1) que presenta al menos dos órdenes de magnitud superior en comparación con el resto del componente biológico muestreado.

Figura 4.132. Concentración de mercurio en sedimentos (A) y componente biológico (B) de la laguna de Nichupté en 2021.



Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), modificada por GPPA.

4.3.1.11.2 Hidrocarburos

Hidrocarburos

A pesar de que el SLN es un área con importantes recursos hídricos y biológicos, existen pocos estudios sobre la condición de contaminación que permitan tener una perspectiva amplia del estado ambiental actual, en cuanto a hidrocarburos respecta. Se sabe que la contaminación por hidrocarburos está fuertemente influenciada por la presión de las actividades que se ejercen en o alrededor de la zona con las que se introducen vectores de contaminación, como los vehículos automotores que utilizan gasolina o diésel como combustible, embarcaciones, construcción de carreteras de asfalto, entre otros.

Si bien este sistema lagunar ha estado sujeto a altos niveles de presión antrópica por la acelerada urbanización de los alrededores, se reconoce que aún alberga elementos que son sujetos de conservación, entre los que están los pastos marinos que son muy dependientes de la calidad del agua, así como de fauna principalmente peces que en muchos casos dependen de la calidad del agua y los sedimentos.

De acuerdo con la SEMARNAT (2014), en el cuerpo de agua se observa la presencia de contaminantes, en particular de desechos sólidos y líquidos (grasas, aceites e hidrocarburos, provenientes de la actividad náutica y automovilística de transporte de personas, y por actividades domésticas y turísticas y de aguas residuales.

En la **Tabla 4.20** se indican las concentraciones de hidrocarburos dispersos en el SLNB. Ponce-Vélez y Botello (2005) reportan que en la laguna Bojórquez se presentó un promedio de hidrocarburos de 12 µg/g (con un máximo de 18 µg/g), mientras que Nichupté presentó un promedio de 93 µg/g. En la zona marina del Caribe en su evaluación durante los 80's mostró un promedio de HCT de 70 µg/g con un máximo de 121 µg/g (**Tabla 4.21**), probablemente debido a que esta área mexicana forma parte de la ruta de movilización de petróleo crudo mediante buques tanque provenientes del Gran Caribe Central con destino a Norteamérica y Europa.

Tabla 4.20. Concentración de hidrocarburos dispersos en la laguna de Nichupté (Botello et al., 1986).

Localidad	Año	Concentración mg L ⁻¹	Autores
Nichupté	1985	102 (24-298)	Botello et al. 1986

Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021).

Tabla 4.21 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en sedimentos de la laguna (mg g⁻¹).

Localidad	Año	Concentración µg g ⁻¹	Autores
Nichupté	1985	54 (4-189)	Botello et al. 1986

Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021).

Respecto a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), carcinogénicos reconocidos a nivel mundial, su concentración en sedimentos del SLN fue de 54 µg/g. Los HAP's predominantes fueron de alto peso molecular (>5 anillos), lo que indica origen pirogénico, es decir relacionado con la quema de combustibles fósiles. Respecto a otros estudios sobre HAP en la región en la **Tabla 4.22**, Medina-Moreno et al (2014), señalan concentraciones que van desde los 0.07 mg/L hasta los 5.94 mg/L, presentándose las mayores concentraciones en las temporadas altas de turismo. Por su parte, León-Borges y Lizardi-Jiménez (2017) realizaron un estudio similar que confirma que la concentración de HAP en temporada alta de turismo es mayor y obtuvieron una concentración mínima de 0.009 y una máxima de 10.09 mg/L.

Tabla 4.22. Concentración (mg L⁻¹) de hidrocarburo presente en la zona de Cancún en temporada alta (A) y baja (B).

Localidad	Hidrocarburo		Concentración	
	A	B	A	B
Talleres	Naftaleno y Fenantreno	Fenantreno	5.94 ± 3.62 y 0.09 ± 0.02	0.07 ± 0.02
Rancho viejo	Hexadecano	SR	2.02 ± 2.09	
R-510	SR	Naftaleno		0.12 ± 0.01

SR = sin registro

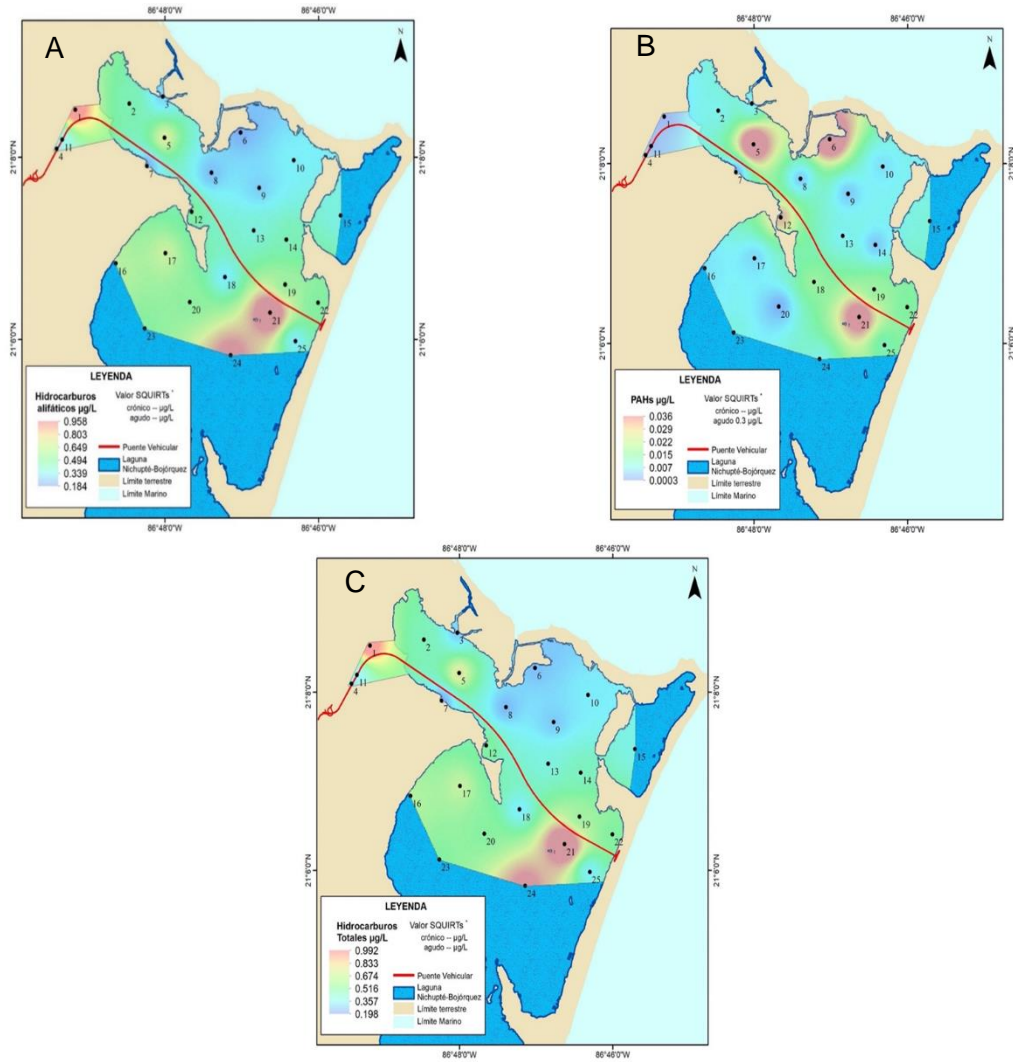
Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), tomada de Medina-Moreno et al. (2014).

En términos generales, en los estudios realizados durante los años 2012 a 2015 se observaron en las áreas de Cancún, Playa del Carmen e isla Holbox la presencia de los siguientes hidrocarburos: naftaleno, fenantreno, pireno y benzo(a)pireno; antraceno en 2013 y 2015; benceno en 2012, 2014 y 2015; y hexadecano en 2012 y 2014. Se identificaron como principales fuentes de estos hidrocarburos la contaminación generada por el asfalto (León-Borges y Lizardi-Jiménez, 2017), que está compuesto por hidrocarburos tóxicos como el naftaleno, fluoreno, pireno, benzo(a)pireno y benzo(a)antraceno (los dos últimos potencialmente cancerígenos) (Brantley y Townsend, 1999). Estos datos son importantes para la identificación de fuentes de contaminación y la generación de alternativas de biorremediación.

Las fuentes locales de hidrocarburos también contribuyen a la contaminación de las aguas cercanas a la costa. Se han reportado niveles de hidrocarburos en sedimentos en la Laguna Nichupté, por ejemplo, tan altos como 93 ppm, excediendo el máximo recomendado de 70 ppm establecido por la UNESCO en 1976. Se ha registrado que las aguas del Caribe mexicano contienen hasta 15 ppb, superando el nivel recomendado por la UNESCO de 10 ppb.

En la **Figura 4.133**, se muestran los resultados obtenidos en el muestreo del 2021. Con respecto a la concentración de hidrocarburos alifáticos en agua de la LN (**Figura 4.133a**). No hay un valor recomendado para estos compuestos, sin embargo, es importante notar que las concentraciones medidas se encuentran en al menos 3 órdenes de magnitud por debajo de lo reportado por Botello et al. (1986) para hidrocarburos dispersos. La máxima concentración se ubica en la zona Tajamar (estación 1) y en las zonas norte y centro (estaciones 21 y 24). En la (**Figura 4.133b**) se observa la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos. De acuerdo con Buchman (2008) la máxima concentración observada se encuentra en un orden de magnitud por debajo del valor de daño agudo a los estadios tempranos de la biota. Estos máximos se ubican la zona de Tajamar (estaciones 5) y la zona norte (estaciones 6 y 21) de la LN. En la **Figura 4.133c**, se observa la concentración de hidrocarburos totales en agua de la LN. No hay un valor para daño crónico o agudo a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008). Los máximos encontrados se ubican en la zona de Tajamar (estación 1) y las zonas norte y centro (estaciones 21 y 24). Los detalles se pueden consultar en el **Anexo 4.7 hidrocarburos y metales**.

Figura 4.133. Hidrocarburos en el agua de la laguna Nichupté. Hidrocarburos alifáticos (A), hidrocarburos alifáticos policíclicos (B) e hidrocarburos totales (C).

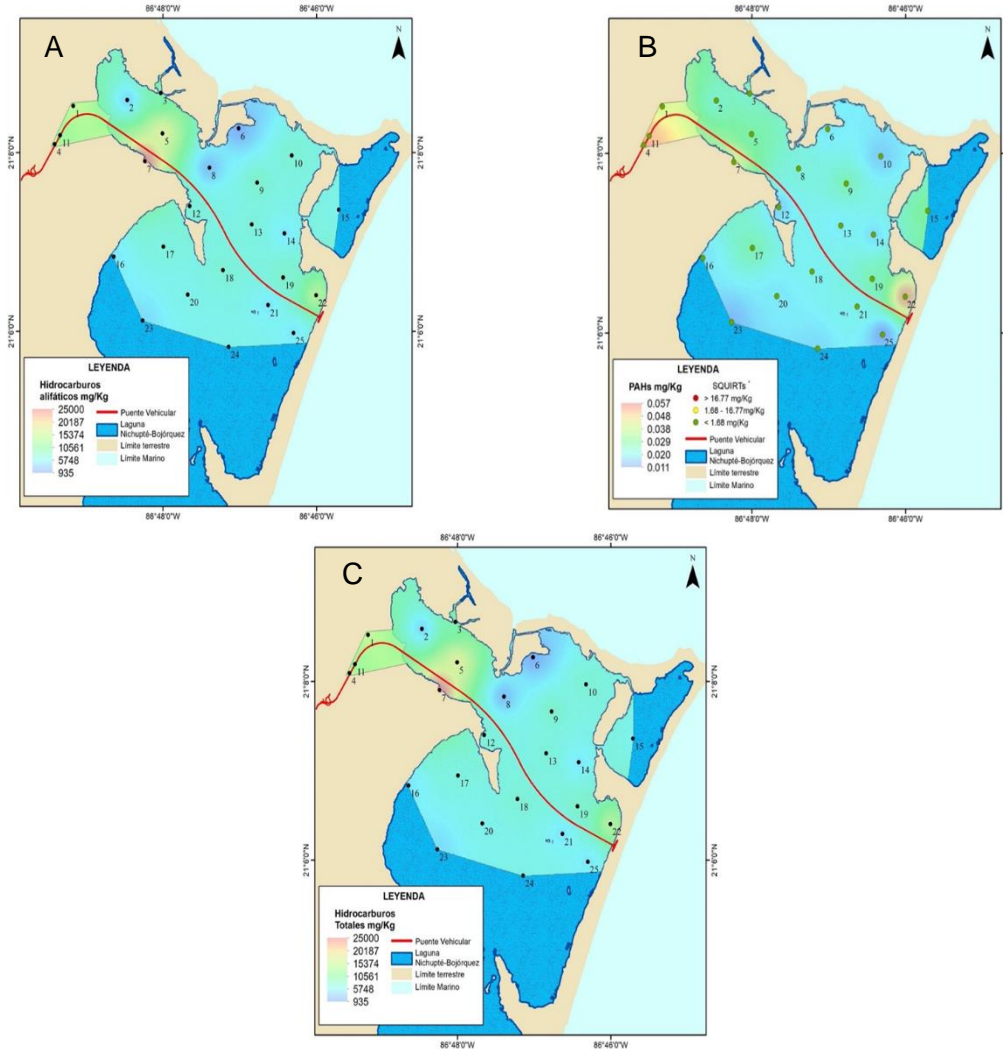


Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), modificada por GPPA.

En cuanto a los hidrocarburos en los sedimentos, en la **Figura 4.134a**, se presenta la concentración de hidrocarburos alifáticos en sedimentos de la LN. La mayor concentración se ubica en la zona de Tajamar (estación 7). No hay un valor recomendado para estos compuestos. En la **Figura 4.134b**, se muestra la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos de la LN. Las mayores concentraciones se ubican en la zona de Tajamar y la zona norte (estaciones 11 y 22), sin embargo, están por debajo en al menos un orden de magnitud del valor señalado como de daño a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008). Las concentraciones encontradas se encuentran al menos un orden de magnitud por debajo de lo informado por Botello et al. (1986). En la **Figura 4.134c**, se muestra la concentración de hidrocarburos totales en sedimentos de la LN. La mayor

concentración se observa en la zona de Tajamar (estación 7), y de acuerdo con el valor recomendado por la UNESCO (1976) de 10,000 mg/Kg en esta zona se rebasa.

Figura 4.134. Hidrocarburos en los sedimentos de la laguna Nichupté. Hidrocarburos alifáticos (A), hidrocarburos aromáticos policíclicos (B) e hidrocarburos totales (C) en 2021.

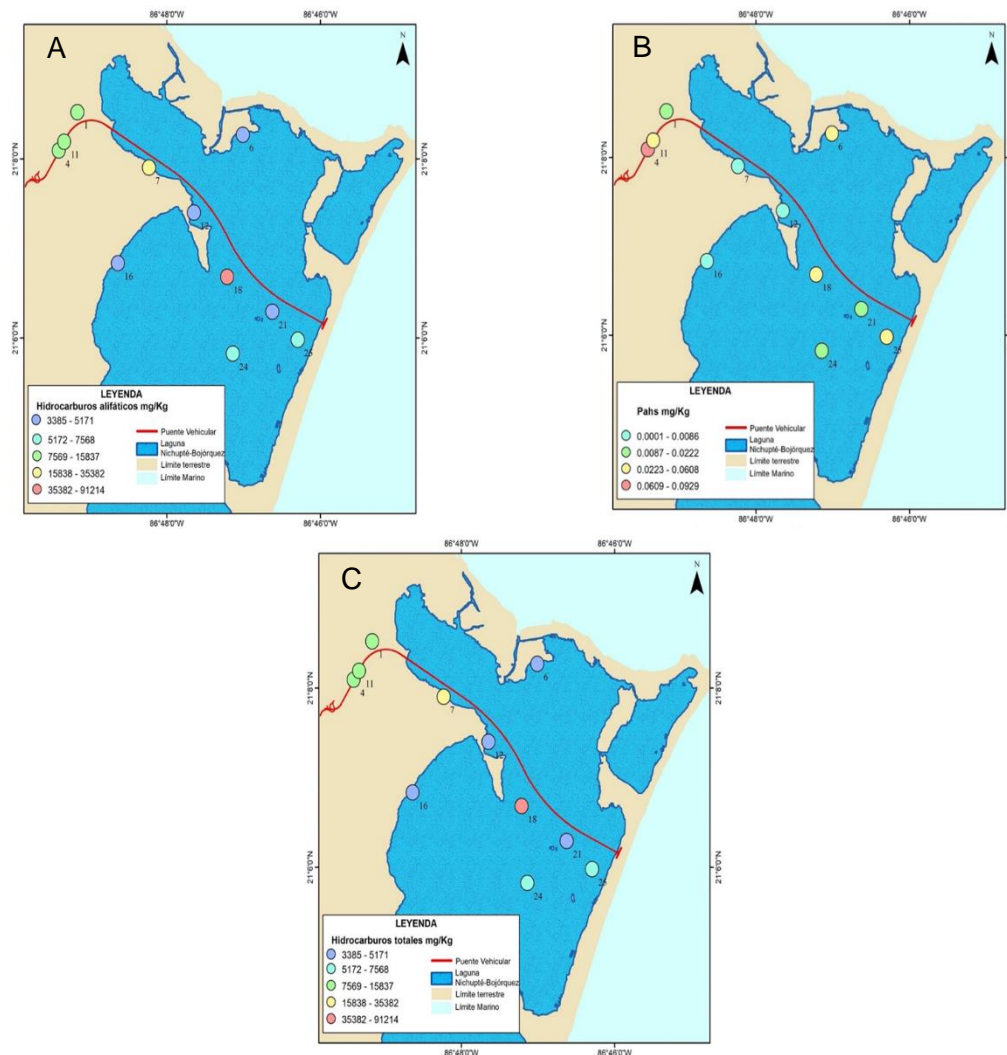


Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), modificada por GPA.

Con relación a la concentración de hidrocarburos en el componente biológico, en la **Figura 4.135a**, se muestra la concentración de hidrocarburos alifáticos en pastos y/o mangle en el SLN. La mayor concentración se observó en la zona norte (estación 18) que presenta al menos el doble de concentración en comparación con el resto del componente biológico muestreado. En cuanto a la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (**Figura 4.135b**), en el componente biológico (pastos y/o mangle), la mayor concentración se observó en la zona Tajamar (estación 1) que presenta al menos un orden de magnitud superior en comparación con el resto del componente biológico muestreado. Andersen et

al. (2008) informan sobre concentraciones en pastos de zonas impactadas por hidrocarburos del petróleo y mencionan concentraciones entre 1.15 y 9.8 mg/Kg que tuvieron consecuencias a nivel poblacional. En la LN ninguna concentración alcanza el nivel mencionado. En la **Figura 4.135c**, se muestra la concentración de hidrocarburos totales en el componente biológico (pastos y/o mangle) de la LN. La mayor concentración se observó en la zona norte (estación 18) que presenta el doble de concentración en comparación con el resto del componente biológico muestreado.

Figura 4.135. Concentración de hidrocarburos alifáticos en el componente biológico de la laguna de Nichupté.



Fuente: (Informe de hidrocarburos y metales, 2021), modificada por GPPA.

De manera general y de acuerdo con los resultados presentados, el estado ambiental actual del agua de la LN respecto a metales selectos e hidrocarburos del petróleo es bueno. El estado ambiental actual de los sedimentos de la LN respecto a As, Hg, Ni e hidrocarburos

totales es de riesgo potencial ante las actividades del proyecto. El estado ambiental del componente biológico es bueno, por lo que un incremento de metales selectos e hidrocarburos del petróleo en columna de agua tendría un efecto negativo probablemente significativo en este componente.

Por lo anteriormente mencionado, necesario llevar a cabo medidas de saneamiento y/o recuperación en estas áreas para disminuir el probable impacto que la resuspensión de sedimentos tendría en el sistema. Además, es imprescindible que se lleve a cabo un programa de monitoreo de los contaminantes aquí estudiados en los diversos componentes durante todas las etapas del proyecto y con una periodicidad que permita generar una alerta temprana sobre daños al sistema biológico.

4.3.1.12. Radiación solar

Con respecto al efecto que podría tener el Proyecto sobre la vegetación, se hizo una revisión de literatura científica que hace referencia al efecto de la sombra; de manera particular el efecto de infraestructura de este tipo es evaluado en función de iluminación de interiores propiamente, por lo que, se parte de la información conocida y se infieren algunos aspectos que serán evaluados conforme avance el Proyecto. A continuación, se hace una mención breve de literatura científica acerca de la radiación solar y la sombra en la vegetación.

Estudios acerca de la fisiología del manglar señalan que sí hay un efecto negativo de la sombra cuando el dosel de la vegetación es tan cerrado que impide el paso de la luz, las plántulas de *Rhizophora mangle* son muy sensibles a este factor. En (Hoyos, 2013), señalan que la especie antes mencionada es dependiente de la luz solar posterior al establecimiento de los propágulos, sin embargo, la tasa fotosintética tiende a estabilizarse en un ambiente de baja intensidad de luz y el crecimiento tiende a ser mayor. Con respecto a las plántulas, en este mismo artículo se menciona también que las plántulas pueden adaptarse a la sombra y los adultos a recibir mayor cantidad de luz.

(Garcés Ordoñez, 2016), evaluaron la sobrevivencia de propágulos de *Rhizophora mangle* en diferentes factores de estrés, tales como el pastoreo, déficit hídrico (temporada de sequía) e insolación (exposición directa al sol y bajo sombra de los árboles). Encontrando que, al contrario de la temporada de lluvias, en secas no hubo sobrevivencia de los propágulos debido a la alta insolación y la baja disponibilidad de agua. En ambientes tropicales y subtropicales la alta temperatura y elevada radiación pueden resultar en

fotoinhibición, con efectos negativos en la fotosíntesis (Medina, 1999); el efecto de una alta temperatura es negativo al reducir la capacidad de realizar fotosíntesis en la superficie de las hojas, efecto que es reducido de manera natural por la misma planta al modificar el ángulo de inclinación de la hoja o reduciendo el tamaño de las mismas, principalmente en ambientes con baja disponibilidad de agua o altamente salinos.

En condiciones de vivero, (Febles Patrón José Luis, 2007), realizaron un experimento con seis grupos de 30 individuos cada uno, para determinar el efecto de factores abióticos, tales la salinidad en tres diferentes concentraciones: agua dulce, 0‰; marina 30-40 ‰ e hipersalina 70-75 ‰ y en dos condiciones de iluminación (sombra y radiación solar directa con un máximo albedo), sus resultados indicaron que la sombra aumentó la sobrevivencia de las plántulas y por el contrario, las que estuvieron en medios salinos, la sobrevivencia fue inversa a la concentración de la salinidad en la que se desarrollaron. Para el manglar, factores de estrés con consecuencias en el desarrollo del mismo son el hidroperiodo, salinidad, características del suelo, disponibilidad de nutrientes e insolación (López-Portillo, J. y Ezcurra, E. 2002).

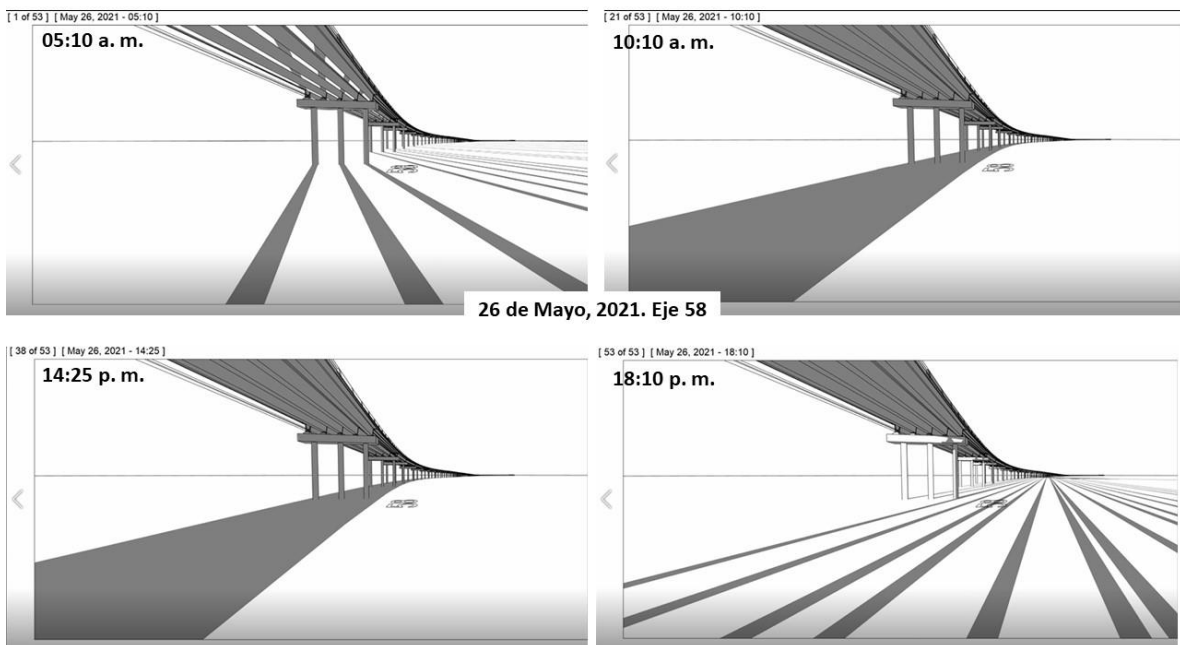
En cuanto al efecto del puente sobre los pastos marinos, no se espera que el efecto sea mayor que el efecto que tiene la turbidez del agua actualmente, considerando además que la sombra se desplazará a lo largo del día y a lo largo del año. En los estudios de Diagnóstico de la calidad del agua y Biota marina, se reportó que la turbidez del agua es un factor que limita la calidad de la luz que reciben los pastos, siendo esta, una condición permanente en el sistema, con excepción de las zonas someras en donde la calidad de la luz es mayor. Por otro lado, la mayor parte del trazo, pasará sobre la zona que es principalmente arenal o fango en los cuales, los mismos estudios reportan que la presencia de pastos marinos es muy escasa.

De cualquier manera, para ambos componentes biológicos (manglar y pastos), se contempla como medidas de prevención y mitigación, el control de los sólidos en suspensión durante el proceso constructivo para evitar una mayor alteración de la cantidad de luz, así como, el monitoreo de la radiación solar en sitios de muestreo permanentes y sitios control, realizados a la par del monitoreo de la vegetación y del de biota acuática para monitorear los pastos marinos y evaluar el efecto en la vegetación terrestre.

Con el trazo del puente no se espera que haya un efecto negativo por la sombra, toda vez que el diseño elevado del puente sobre la vegetación, permite que esta continúe recibiendo

insolación a lo largo del día y del año, tal como lo mostraron las simulaciones realizadas en octubre de 2021, basadas en el modelo de radiación difusa Pérez, siendo el más utilizado para simular la iluminación natural tanto para cielos con presencia de nubes, como cielos claros. Este estudio contempló un análisis en banda para determinar la incidencia gradual con respecto a la trayectoria solar en diferentes partes del trazo, identificadas por la posición de las pilas; los datos presentados contemplan la radiación anual a lo largo del trazo, para acotar la presentación de la gran cantidad de datos disponibles, esta modelación fue realizada tomando en cuenta los periodos en que hay mayores cambios en la insolación local: cuando la insolación empieza a aumentar, en el periodo de máxima insolación y cuando la cantidad de luz decrece, estando estos entre: 2 de marzo al 1 de abril, 14 de mayo al 29 de julio, 10 de septiembre al 10 de octubre y 6 de diciembre al 5 de enero (**Figura 4.136**).

Figura 4.136. Proyección de la sombra del Proyecto en diferentes momentos del día y periodos del año.



[1 of 45] [December 21, 2021 - 06:24]

06:24 a.m.



[16 of 45] [December 21, 2021 - 10:09]

10:10 a.m.



21 de diciembre, 2021. Eje 58

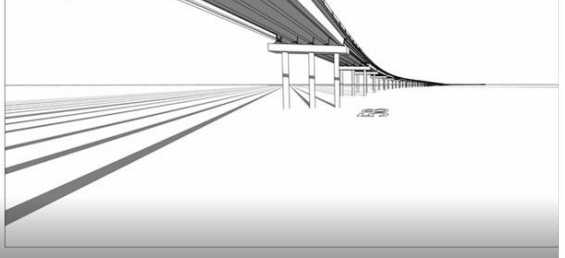
[33 of 45] [December 21, 2021 - 14:24]

14:24 p.m.



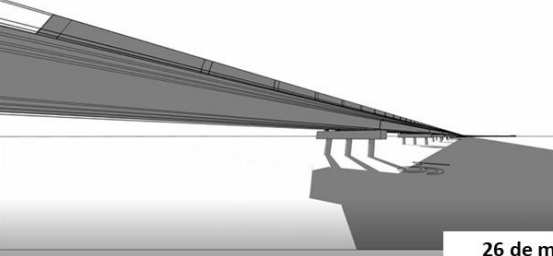
[45 of 45] [December 21, 2021 - 17:24]

17:24 p.m.



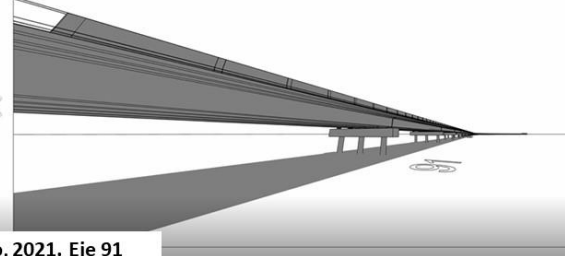
[4 of 53] [May 26, 2021 - 05:55]

05:55 a.m.



[21 of 53] [May 26, 2021 - 10:10]

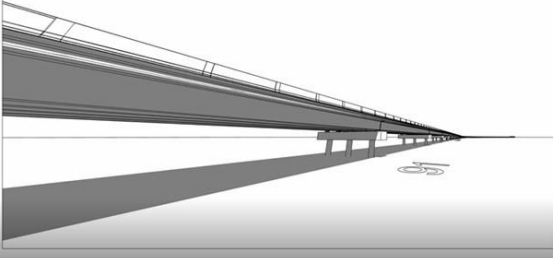
10:10 a.m.



26 de mayo, 2021. Eje 91

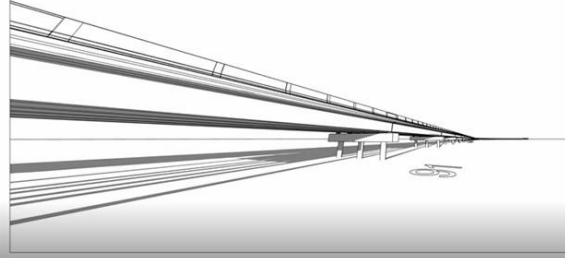
[37 of 53] [May 26, 2021 - 14:10]

14:10 p.m.



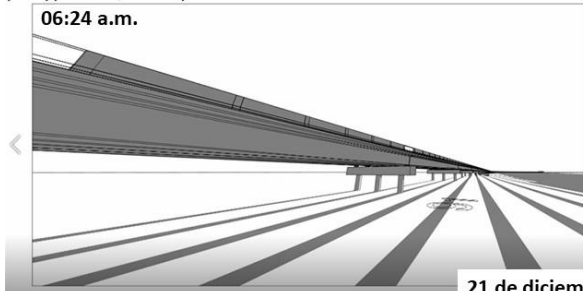
[53 of 53] [May 26, 2021 - 18:10]

18:10 p.m.



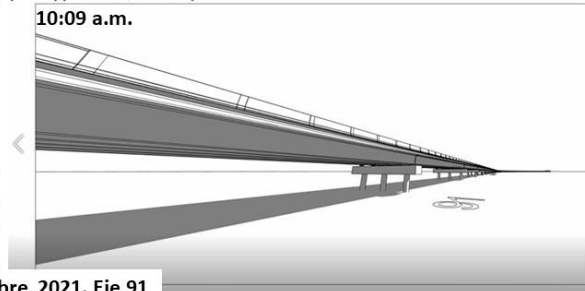
[1 of 43] [December 21, 2021 - 06:24]

06:24 a.m.



[16 of 43] [December 21, 2021 - 10:09]

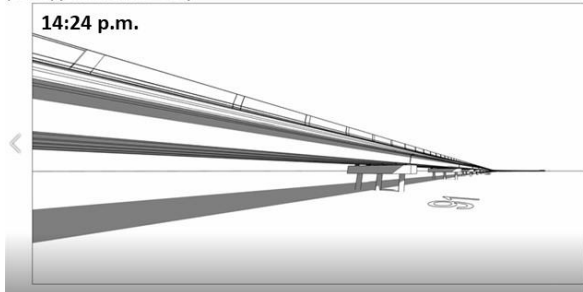
10:09 a.m.



21 de diciembre, 2021. Eje 91

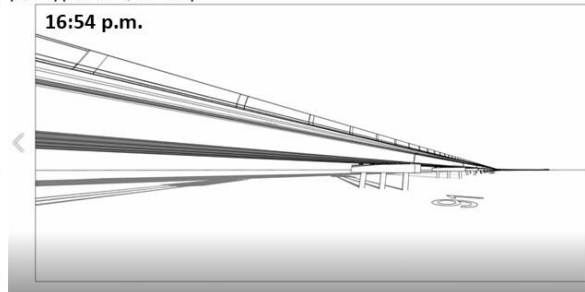
[33 of 43] [December 21, 2021 - 14:24]

14:24 p.m.



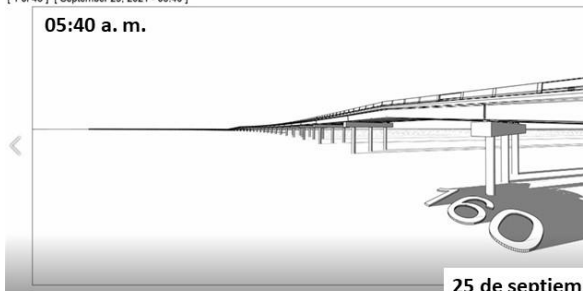
[43 of 43] [December 21, 2021 - 16:54]

16:54 p.m.



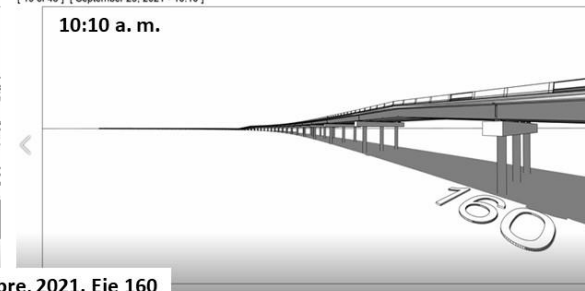
[1 of 48] [September 25, 2021 - 05:40]

05:40 a. m.



[19 of 48] [September 25, 2021 - 10:10]

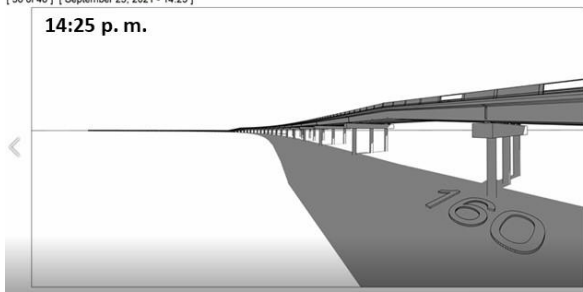
10:10 a. m.



25 de septiembre, 2021. Eje 160

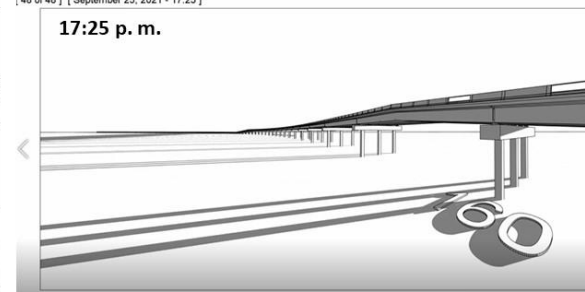
[36 of 48] [September 25, 2021 - 14:25]

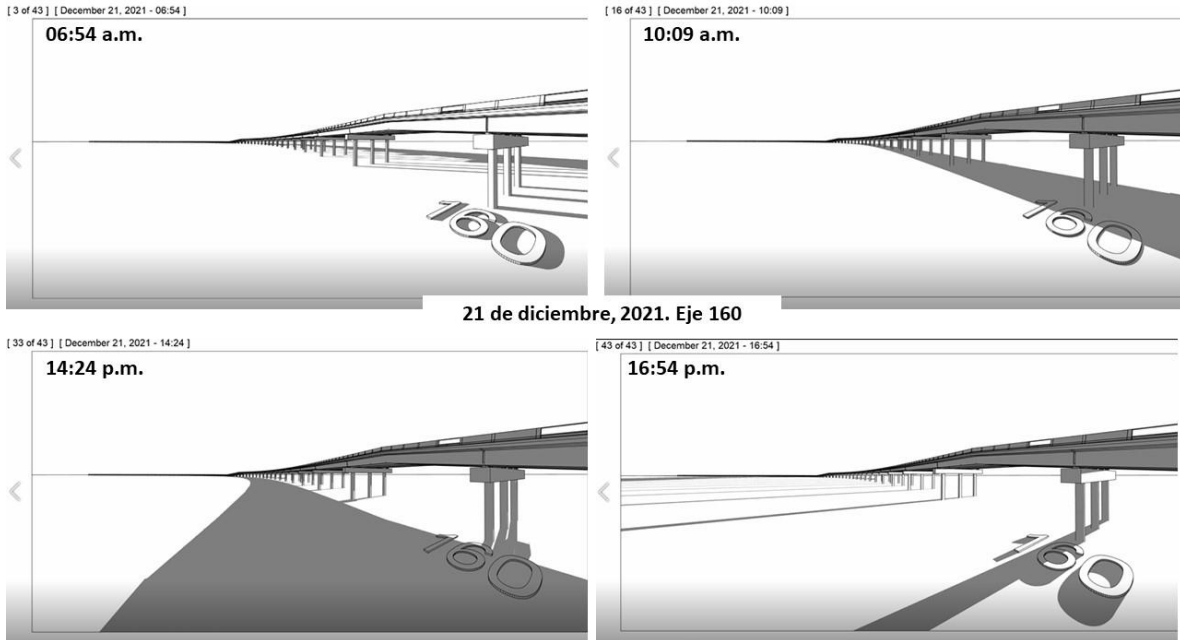
14:25 p. m.



[48 of 48] [September 25, 2021 - 17:25]

17:25 p. m.





Fuente: (Estudio de incidencia de radiación solar, 2021).

En la **Figura 4.137** se muestra el trazo del proyecto sobre el que se representa la insolación anual, los tonos más oscuros representan las áreas sobre las que se recibirá menos radiación y los tonos más claros donde la radiación a lo largo del año será mayor. A partir de los datos de radiación anual, se identificaron los sitios que recibirían menor insolación en el año y sobre estos se han establecido sitios potenciales de muestreo, que se discutirán con los especialistas correspondientes para ajustarlos si es necesario y para establecer la cantidad de sitios a monitorear, de manera preliminar se ha colocado uno en la vegetación afectada y otro fuera de la sombra como sitio control. De igual manera será necesario que quien haga el monitoreo de manglar y de pastos cuente con datos antes de iniciar el proyecto, en caso que los sitios de muestreo de LBA no coincidan con estos para que puedan ser evaluados en el tiempo.

Las asociaciones vegetales que se tomaron en cuenta son:

- Manglar mixto
- Manglar con dominancia de *C. erectus*
- Pastizal con mangle disperso
- Manglar con dominancia de *R. mangle*
- Manglar de *C. erectus* con *M. brownei*

- Manglar mixto con densidad media
- Parches de *T. testudinum*
- Pastos marinos mixtos
- Pasto con dominancia de *H. wrightii*
- Praderas de *T. testudinum*

Figura 4.137a. Proyecto y porcentaje de radiación anual acumulada y sitios y asociaciones vegetales potenciales a monitorear.

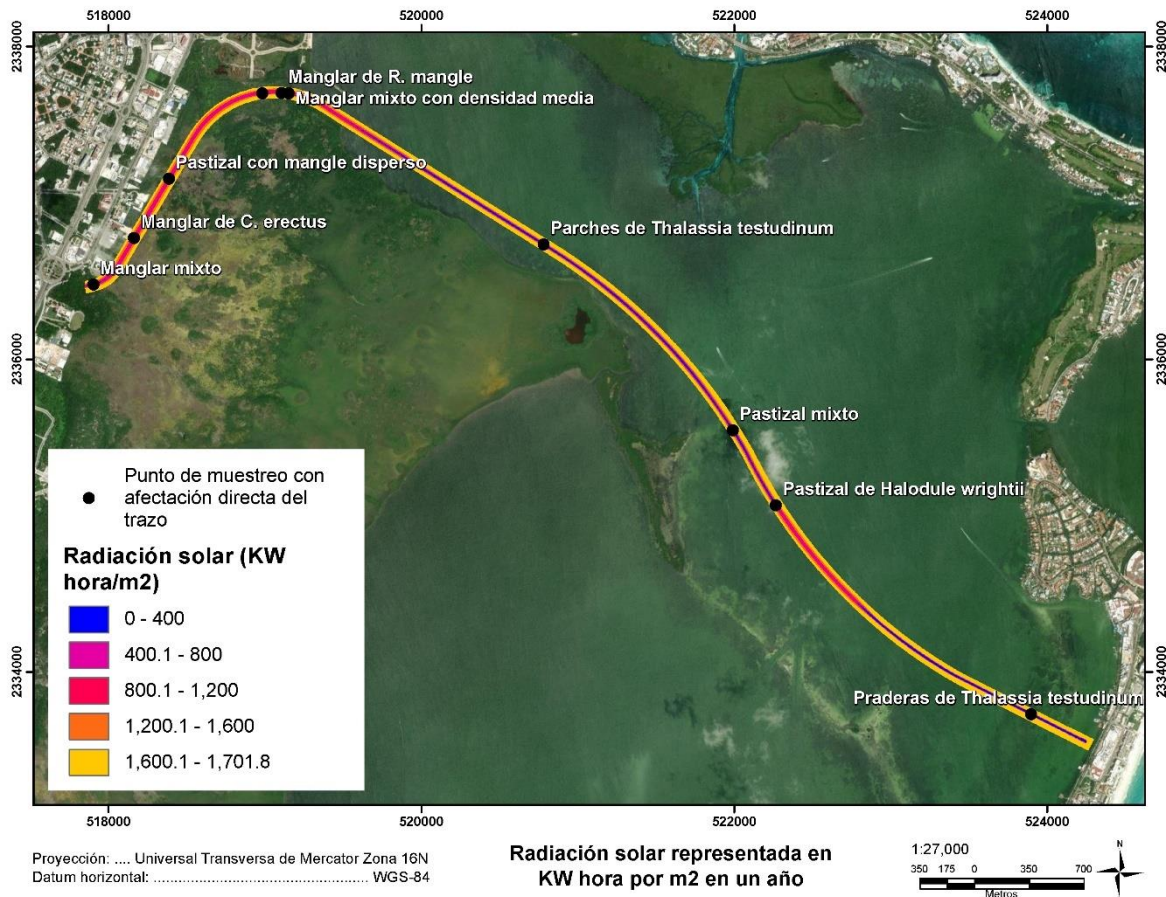
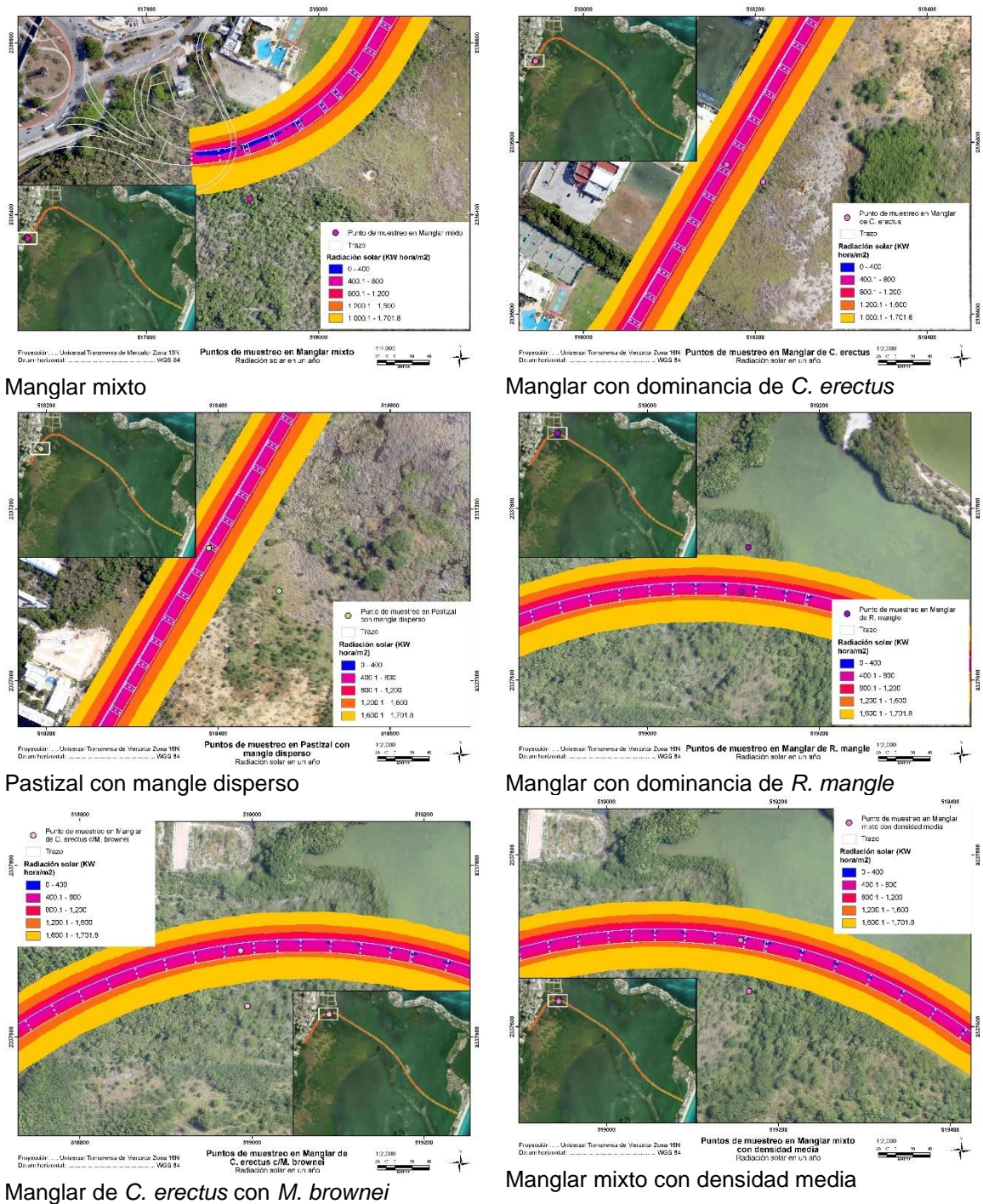
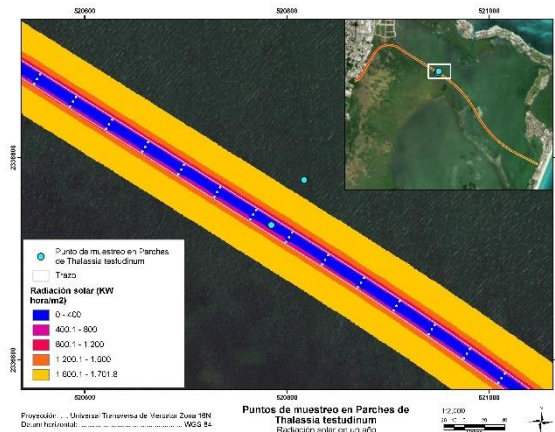
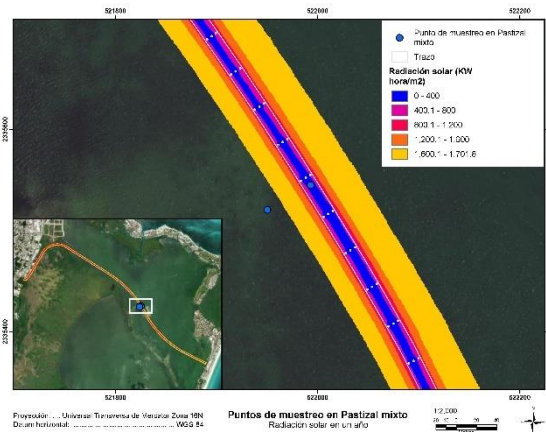


Figura 4.137b. Radiación anual acumulada sobre los sitios potenciales a monitorear.





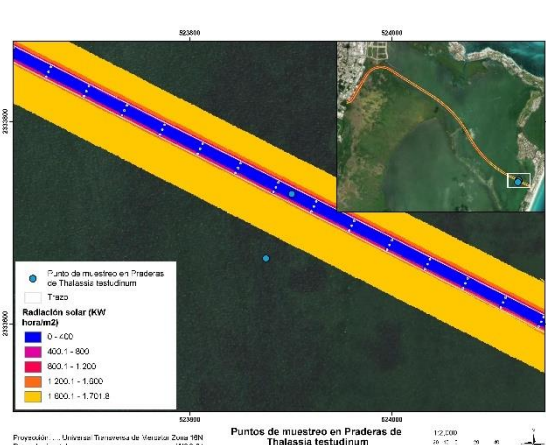
Parches con dominancia de *T. testudinum*



Pastos marinos mixtos



Pastos con dominancia de *H. wrightii*



Praderas con dominancia de *T. testudinum*

4.3.2 Aspectos Bióticos

En los siguientes apartados se describen los resultados principales de los estudios de caracterización ambiental biótica, que se realizaron para conocer la condición del Sistema Lagunar Nichupté, el SAR del Proyecto y la zona de influencia indirecta, cuyos resultados constituyen también, los estudios de línea base ambiental (LBA) para la presentación de la manifestación de impacto ambiental y servirán como información de referencia para la evaluación en el tiempo, de las condiciones del SLN en su interacción con el Proyecto y de manera indirecta, con los efectos de la influencia del resto de actores que ejercen efectos negativos sobre este, las acciones se evaluarán a través del Programa de Monitoreo Ambiental incluido en el capítulo 6.

Tal como se mencionó al inicio del capítulo, las características del Proyecto y dado el lugar en el que se pretende desarrollar (es de gran relevancia ecológica al ser un ecosistema natural al interior de una gran zona urbana y turística y que por esta razón cuenta con una gran cantidad de usuarios y beneficiarios), fue necesario llevar los estudios a escalas más pequeñas de trabajo para determinar las interacciones del proyecto con el entorno, que como también se refirió, se ha buscado que sean a nivel de individuos o procesos, sin afectación mayor de los ecosistemas asociados; es así que, se presenta información específica para algunos componentes tales como la vegetación terrestre, el manglar y los pastos marinos, fauna terrestre y acuática por ser los que recibirán el impacto directo por las obras permanentes. Los informes completos pueden consultarse en los anexos que acompañan a este capítulo:

- Caracterización de la biota acuática (**Anexo 4.8**)
- Caracterización de pastos marinos (**Anexo 4.9**)
- Caracterización del manglar (**Anexo 4.10**).

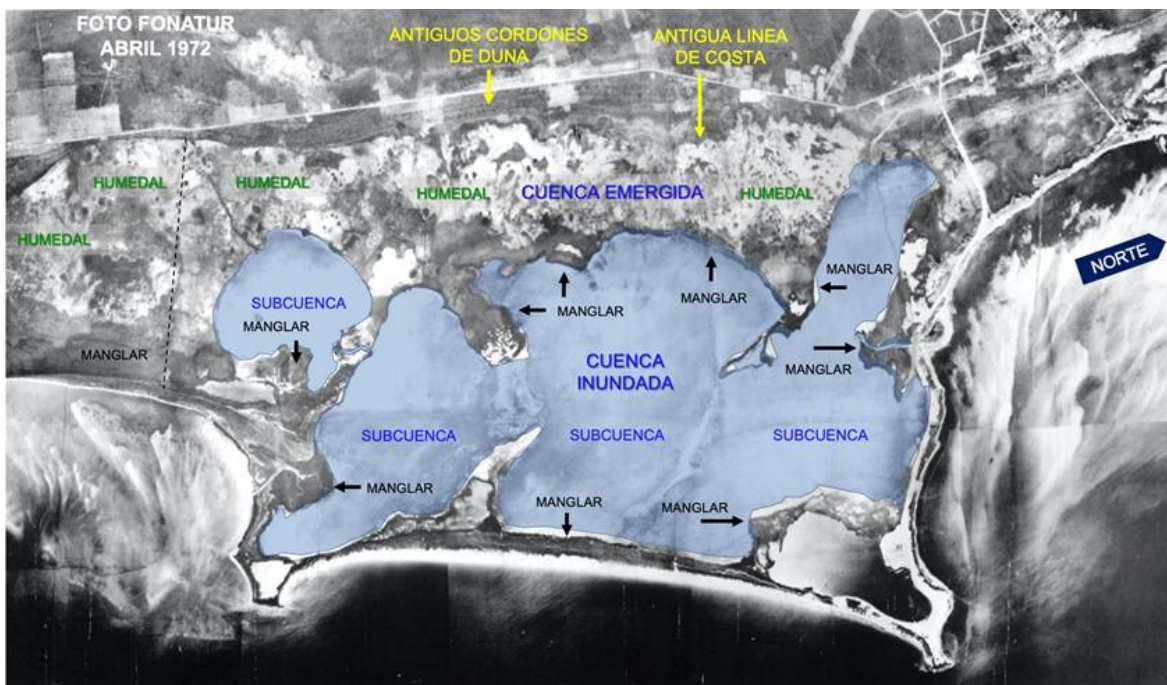
4.3.2.1 Antecedentes

Para poder describir la condición actual de la biota en el Sistema Lagunar Nichupté y en el SAR del Proyecto, es necesario, dar marcha atrás en el tiempo, tanto como la información lo permite, para conocer qué es lo que había, lo que hay actualmente y la condición en la que se encuentra el sistema.

En los inicios del Centro Integralmente Planeado (CIP) Cancún, en los años setenta, lo que hoy se conoce como Sistema Lagunar Nichupté presentaba una conformación distinta en su vegetación, la cual, con el paso del tiempo fue reduciéndose a la par del aumento en la

infraestructura turística y de servicios y de una población igualmente en expansión, con necesidades de vivienda y demanda de servicios, llegando al punto en que este sistema de cuerpos de agua y vegetación que interactuaban entre sí, perdieron en mayor medida su capacidad de interacción y su resiliencia. En la **Figura 4.138**, de 1972, se puede apreciar con claridad la presencia del manglar que se distribuía en franja interior hacia el borde del cuerpo de agua, las áreas más extensas se hallaban hacia el noroeste y sur-sureste de la cuenca denominada Río Inglés. Los humedales entre la franja de manglar y los antiguos cordones de duna, estaban representados por un mosaico de formas y asociaciones vegetales sobre una cuenca de evaporación, no se aprecia vegetación densa en grandes extensiones de acuerdo con la tonalidad de grises de la imagen.

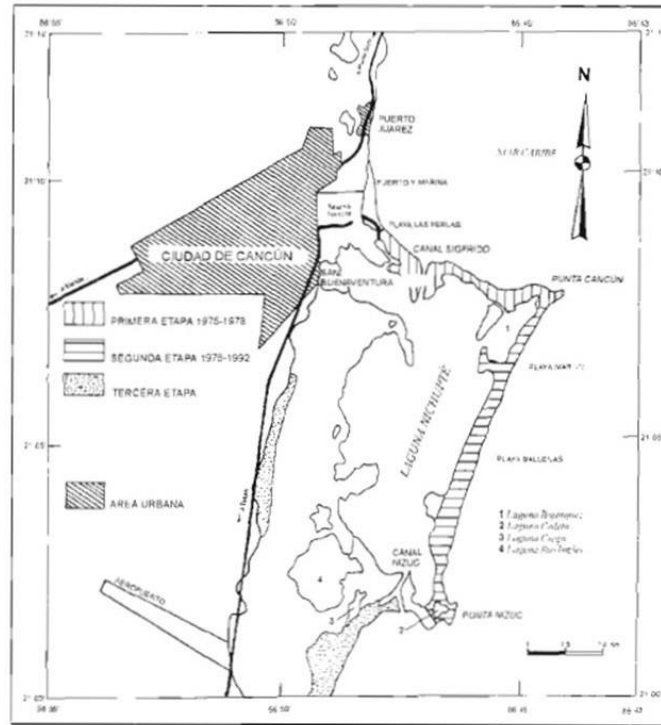
Figura 4.138. Constitución del Sistema Lagunar Nichupté en los años setenta.



Fuente: FONATUR, 1972.

En (Pérez-Villegas, 2000), se hace un recuento de las transformaciones que la construcción del Centro Turístico Integralmente Planeado (CIP) Cancún, planteado por el Fondo Nacional de Fomento al turismo (FONATUR) tuvieron en la zona de los años 1979 – 2000. Cancún dio inicio a partir de 1975 (FONATUR, 1974, citado en Pérez-Villegas, 2000). En la **Figura 4.139**, se presenta el plan maestro del CIP Cancún.

Figura 4.139. Plan maestro del CIP Cancún.



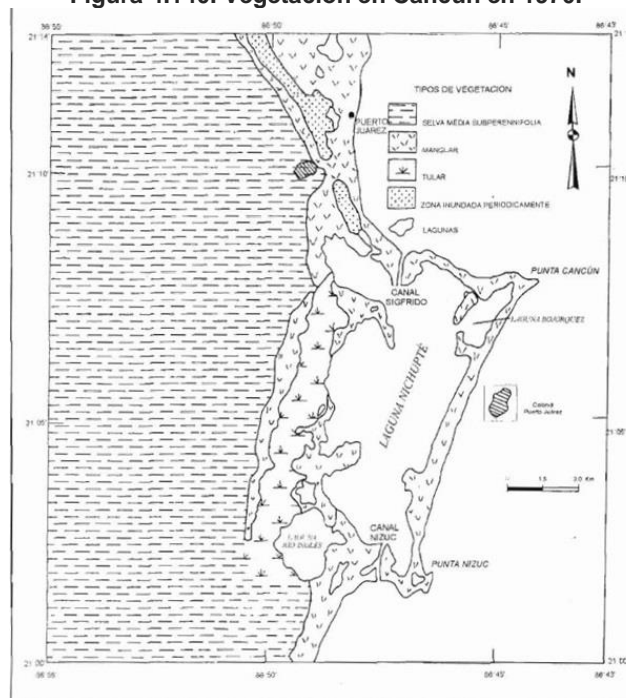
Fuente: FONATUR, 1974, 1990.

Fuente: (Pérez-Villegas, 2000)

El autor describe con respecto a la vegetación que, “Cabe distinguir que las características tanto continentales como lacustres se reflejan de manera particular en la cubierta vegetal, constituida por la selva y el humedal, este último conformado por manglares y tulares. La selva mediana subperennifolia se distribuye al noroeste, oeste y suroeste del área en estudio; la pérdida de follaje durante la sequía – ente 25 y 50% - se debe probablemente al carácter somero de los suelos derivados de materiales calizos, cuyo drenaje es muy rápido, tanto por la inclinación del terreno, como por su permeabilidad. La selva media subperennifolia está constituida por los estratos medio y superior, cuya altura varía de 8 a 25 m. Entre las especies vegetales dominantes se encuentran las siguientes: *Brosimum alicastrum* – ramón, *Manilkara zapota* – chicozapote, *Metopium brownei* – chechén (Pennington y Sarukhán, 1998, citado en Perez-Villegas, 2000). En la porción que corresponde a Isla Cancún y el área circundante al litoral lacustre crecen los manglares, que se relacionan con suelos cenagosos, inundables, salobres y con abundante materia orgánica. En el área de estudio predominan las especies de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*. En la parte adyacente al litoral lacustre se extienden, sobre el eje norte-sur, las zonas inundables y los tulares, que también ocupan una pequeña franja paralela al litoral, desde el norte de la laguna Nichupté hasta Puerto Juárez. En 1970, la superficie de selva media subperennifolia comprendía un 72 % del área total de la zona de estudio y contenía

un pequeño centro de población en la hoy denominada colonia Puerto Juárez, en cuya vecindad se desarrolló posteriormente la ciudad de Cancún. En la isla del mismo nombre, en la que vivían algunas familias de pescadores, el manglar ocupaba 16.5 % de la superficie, se distribuía en la porción norte y áreas colindantes, así como en la reserva de la laguna Nichupté y otros cuerpos de agua. El tular, localizado de norte a sur, en una franja angosta alrededor de manglar, se extendía en 9.5 % de la superficie total. Al norte del área delimitada por el manglar, la superficie actual de la zona inundada se conserva casi en su totalidad y representa el 2 %. Los ecosistemas lagunar, terrestre y marino se encontraban en estado natural con una incipiente explotación de sus recursos” (Figura 4.140).

Figura 4.140. Vegetación en Cancún en 1970.



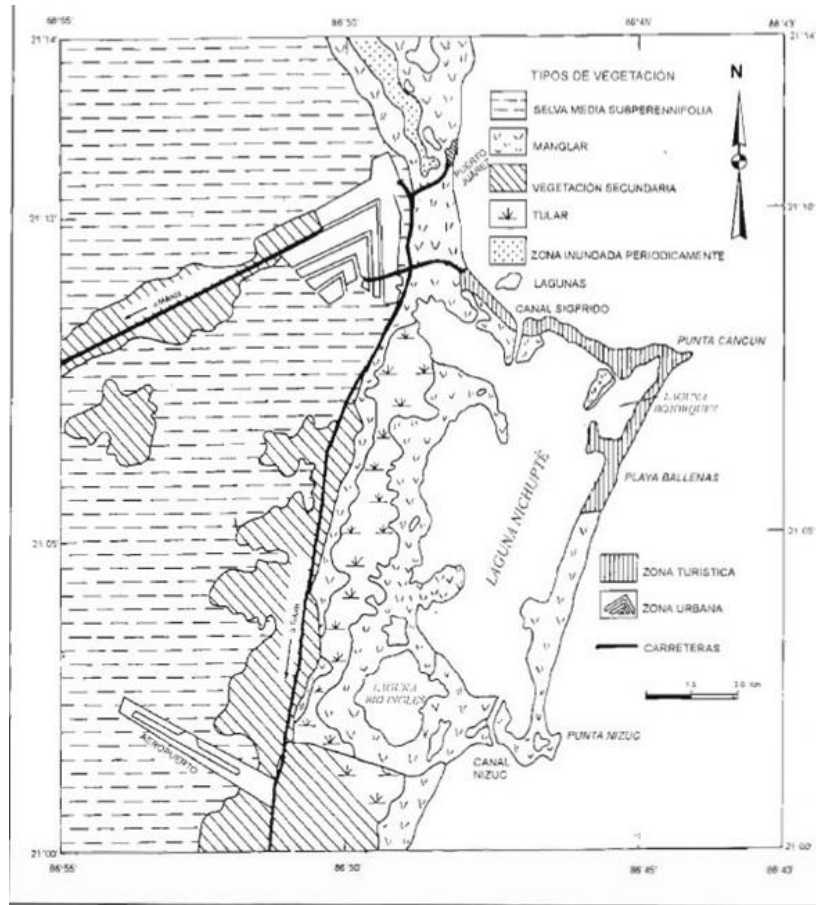
Fuente: INEGI, 1984.

Figura 6. La vegetación en Cancún, Quintana Roo: 1970 – 1971.

Fuente: (Pérez-Villegas, 2000) con información de INEGI 1984.

Para 1980 se habían desmontado 734 ha de selva mediana subperennifolia, además de 256 ha destinadas para la construcción del aeropuerto internacional. También se eliminaron 370 ha de manglar en la porción seleccionada para la construcción de la zona hotelera (Figura 4.141).

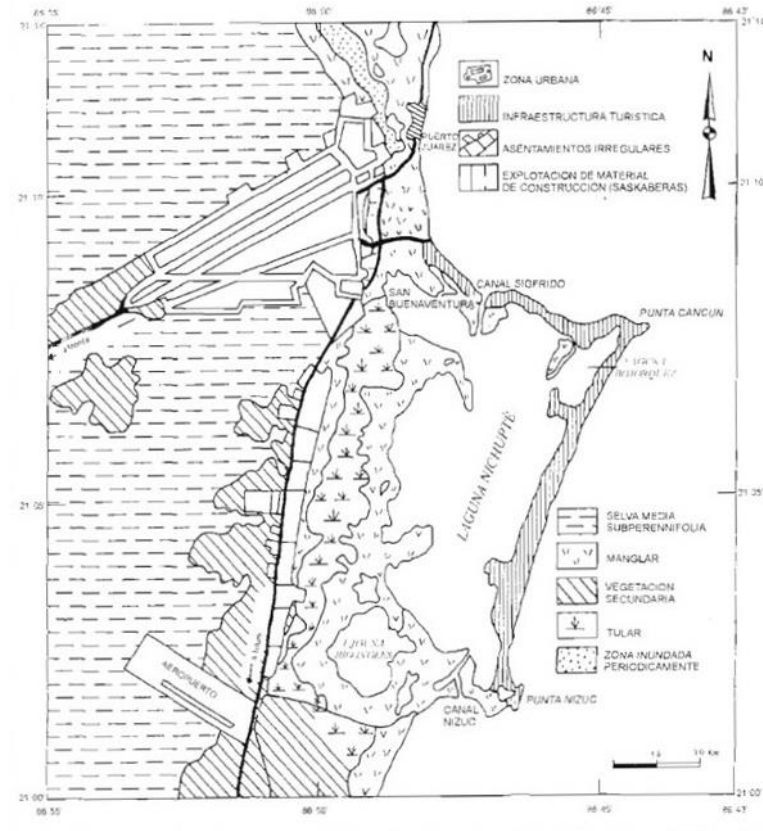
Figura 4.141. Vegetación en Cancún entre 1980 y 1981.



Fuente: (Pérez-Villegas, 2000).

Para los noventa, se hace referencia al incremento de la actividad turística, extendiéndose al ámbito marítimo-náutico, para la construcción de la infraestructura asociada, se desmontaron 2,256 ha de selva mediana subperennifolia y 650 ha de manglar destinadas a la expansión del área urbana y turística hasta las lagunas Ciega y Río Inglés, a las áreas agregadas al aeropuerto y a aquellas en las que se asentaron los fraccionamientos aledaños. Para este periodo empezaron de igual manera los asentamientos humanos en los márgenes de la carretera, así como, se hicieron actividades relacionadas con la explotación de material pétreo para la construcción utilizando la roca caliza, principalmente en Puerto Morelos, Punta Brava, Playa del Carmen y Akumal (**Figura 4.142**).

Figura 4.142. Plan maestro del CIP Cancún para 1990.



Fuente: INEGI, 1990.

Figura 8. La cubierta vegetal y el desarrollo turístico en Cancún, Quintana Roo: 1990.

Fuente: (Pérez-Villegas, 2000) con datos de INEGI, 1990.

La CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), en la ficha de caracterización PY64 – Nichupté, reconoce este humedal como ámbito marino – costero de sistema estuarino con subsistema intermareal de clase humedal arbóreo. Reconoce para la zona, cuatro asociaciones vegetales (manglar, pastizal inducido, selva mediana subperennifolia y tular), las especies características para flora y fauna son: *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Thrinax radiata* para la primera; *Ctenosaura similis*, *Crocodylus moreletti* y *C. acutus*, *Rana berlandieri*, *Pandion haliaentus*, *Casmerodius albus*, *Butorides striatus*, *Phalacrocorax auritis* para la segunda.

Se reconoce al manglar como un área de importancia para el refugio, reproducción y crianza de numerosas especies, sin embargo, la tala para el cambio de uso de suelo y desarrollo del CIP Cancún y el consecuente desarrollo urbano sin la planeación adecuada, sumado a incendios forestales, impactos naturales por huracanes, mal manejo de residuos, relleno y dragado de humedales, interrupción de flujo hidrológico, modificación de barreras naturales, así como erosión costera entre otros, han sido causas de la pérdida de la cobertura vegetal

original (Tabla 4.23). En la Figura 4.143, Figura 4.144 y Figura 4.145 se presentan las coberturas vegetales y usos de suelo de 1981 al 2010.

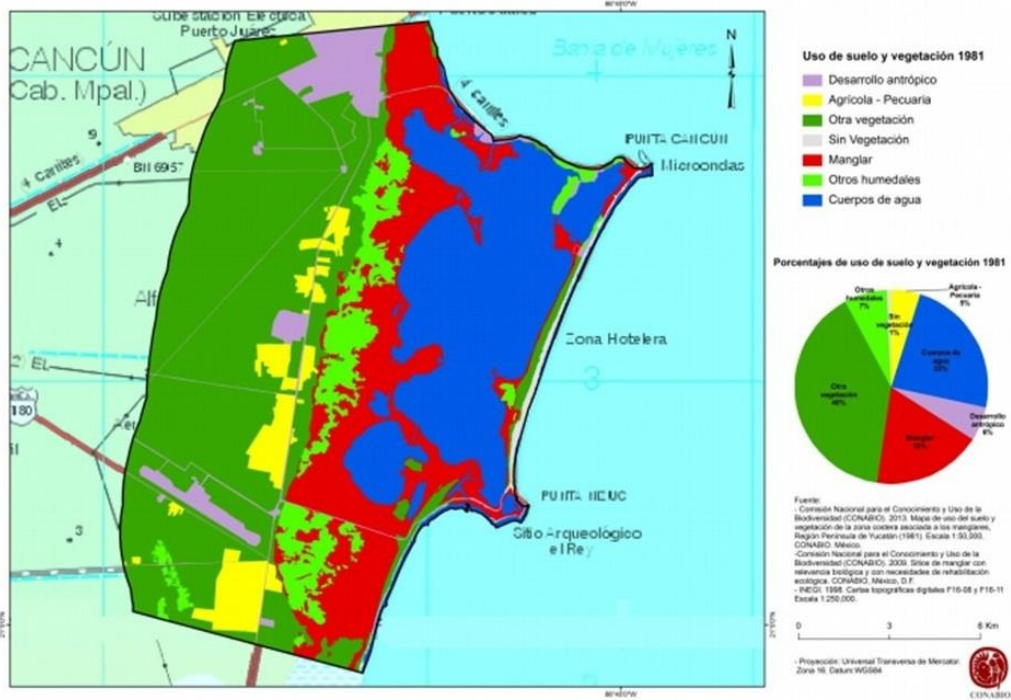
Tabla 4.23. Usos de suelo y vegetación en el sitio de manglar con relevancia biológica de 1981 al 2010.

Clase	1981		2005		2010		Ganancias-Pérdidas (1981 a 2005)	Ganancias-Pérdidas (2005 a 2010)
	ha	%	ha	%	ha	%	Netas (+/-)	Netas (+/-)
1.- Desarrollo antrópico	1,199	6	6,681	32	7,616	36	5,481	935
2.- Agrícola - Pecuaria	1,016	5	72	0	119	1	-944	47
3.- Otra vegetación	8,402	40	4,213	20	3,685	17	-4,190	-528
4.- Sin vegetación	163	1	527	3	114	1	364	-413
5.- Manglar	3,848	18	2,830	13	2,813	13	-1,018	-17
6.- Manglar perturbado	0	0	69	0	32	0	69	-37
7.- Otros humedales	1,509	7	1,723	8	1,781	8	214	58
8.- Cuerpos de agua	4,990	23	5,014	24	4,969	24	23	-45
Total	21,128	100	21,128	100	21,128	100		

Fuente: (CONABIO, 2010)

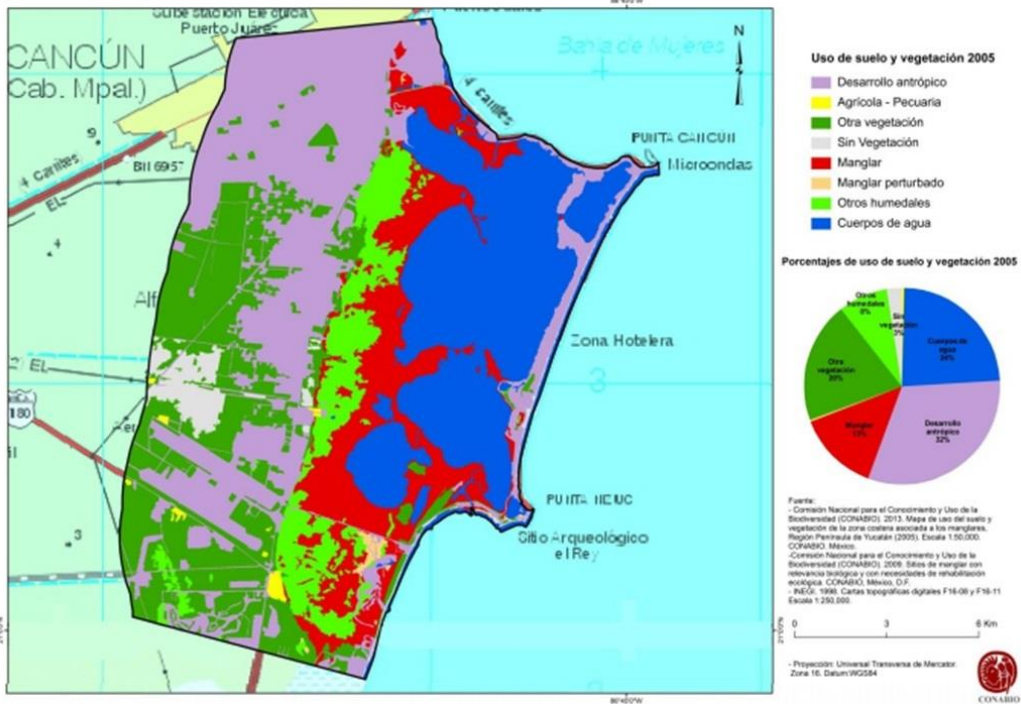
El Sistema Lagunar Nichupté está considerado un proyecto con necesidades de rehabilitación hidrológica. Para entonces, se habían hecho esfuerzos de reforestación en algunos sitios, sin embargo, es un sitio que se señala sigue recibiendo impactos antrópicos que merman su calidad ambiental y por tanto los servicios ambientales que prestaba de manera natural antes de las alteraciones negativas. Continúa siendo un receptor de aguas residuales provenientes de la infraestructura en la periferia, como de otras áreas urbanas aledañas, quedó encerrado dentro de un área urbana programada para crecer, más no planeada adecuadamente para seguir creciendo en infraestructura turística y urbana.

Figura 4.143. Vegetación y usos de suelo en 1981 para el sitio con relevancia biológica.



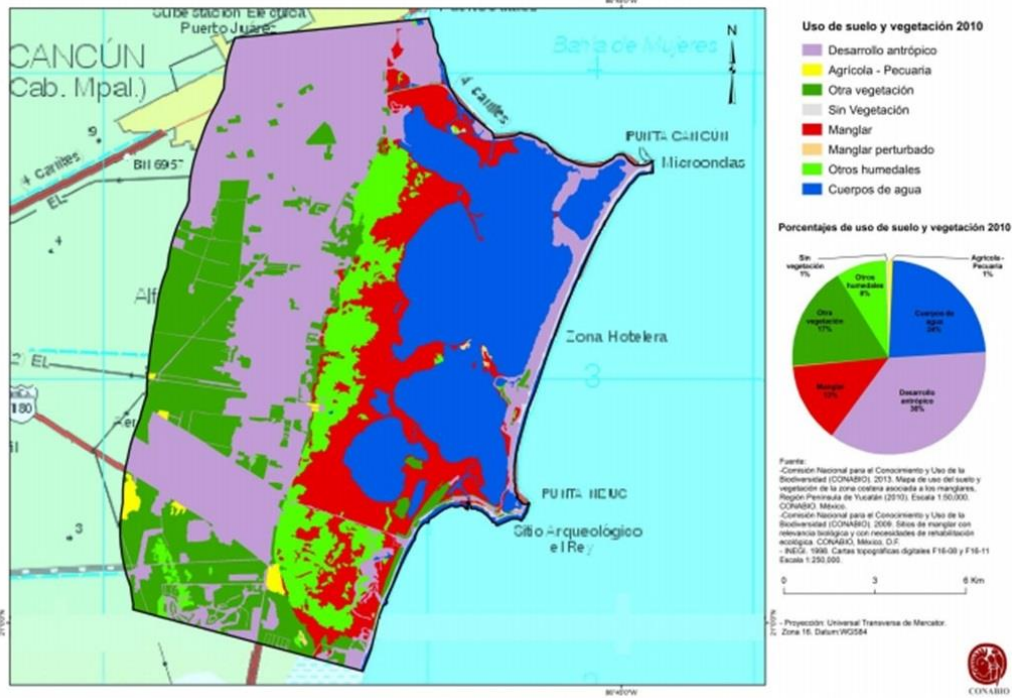
Fuente: (CONABIO, 2010).

Figura 4.144. Vegetación y usos de suelo en 2005 para el sitio con relevancia biológica.



Fuente: (CONABIO, 2010)

Figura 4.145. Vegetación y usos de suelo en 2010 para el sitio con relevancia biológica.



La revisión histórica de la vegetación presentada en párrafos previos, muestra que más allá de la vegetación que se perdió para la construcción de la zona turística y urbana, los cambios en la hidrología, ocasionados por la construcción de la carretera, el Blvd. Kukulcán y otras vialidades en la periferia de la laguna, así como todos aquellos perpendiculares a la costa, fueron determinantes para llegar al arreglo de la vegetación actual, es decir, se refleja una mayor pérdida de los humedales mixtos que han sido sustituidos por manglar y de la selva que ha sido y sigue siendo reemplazada por infraestructura urbana y turística.

4.3.2.2 Caracterización de la biota acuática

El área de estudio definida para el proyecto del puente vehicular Nichupté abarca la cuenca norte del SLN, como ya se describió en los primeros apartados de este capítulo, esta colinda al norte y al suroeste con el polígono del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté, al este con una parte de la zona hotelera de Cancún y el borde de la Laguna Bojórquez, y al noroeste con el Malecón Cancún, abarcando un polígono de 1,515.13 ha (Figura 4.146).

Con la finalidad de conocer las características del fondo de la laguna y la comunidad bentónica asociada en la cuenca referida, se llevó a cabo un estudio de prospección exhaustivo para determinar los ambientes, así como, se llevó a cabo un muestreo

representativo para caracterizar la comunidad vegetal presente (pastos y macroalgas), así como la fauna del bentos y del necton.

Los detalles del estudio se pueden consultar en el **Anexo 4.8. Caracterización de biota acuática**.

Figura 4.146. Ubicación local del área de estudio para el proyecto. Se muestra el polígono del área de estudio que comprende la cuenca norte del SLN.

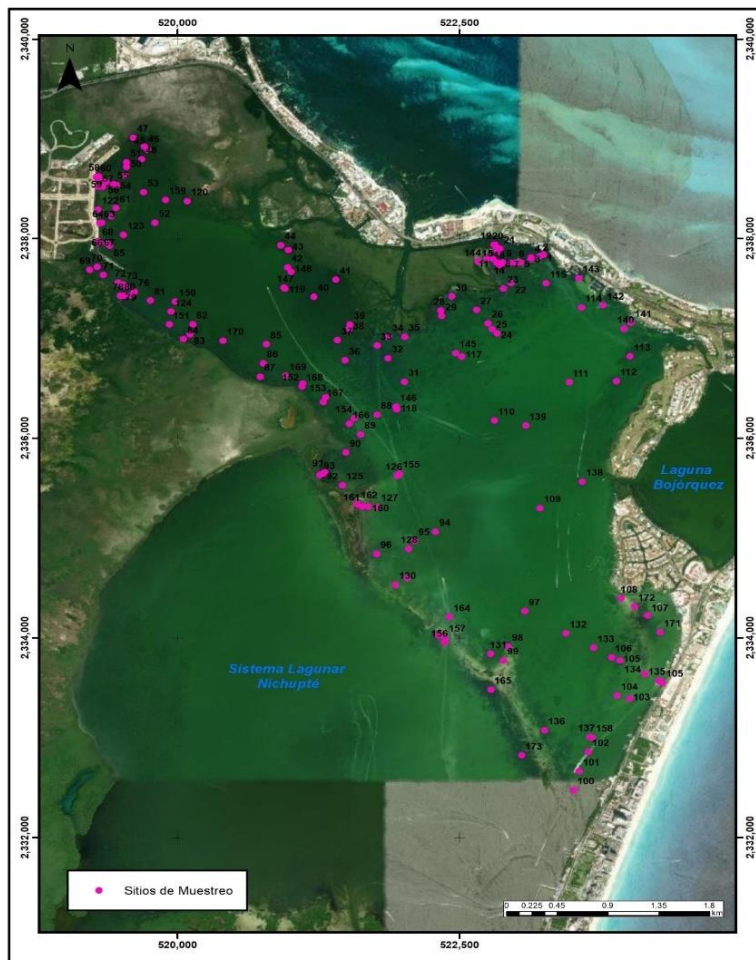


Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

4.3.2.2.1 Sitios de muestreo

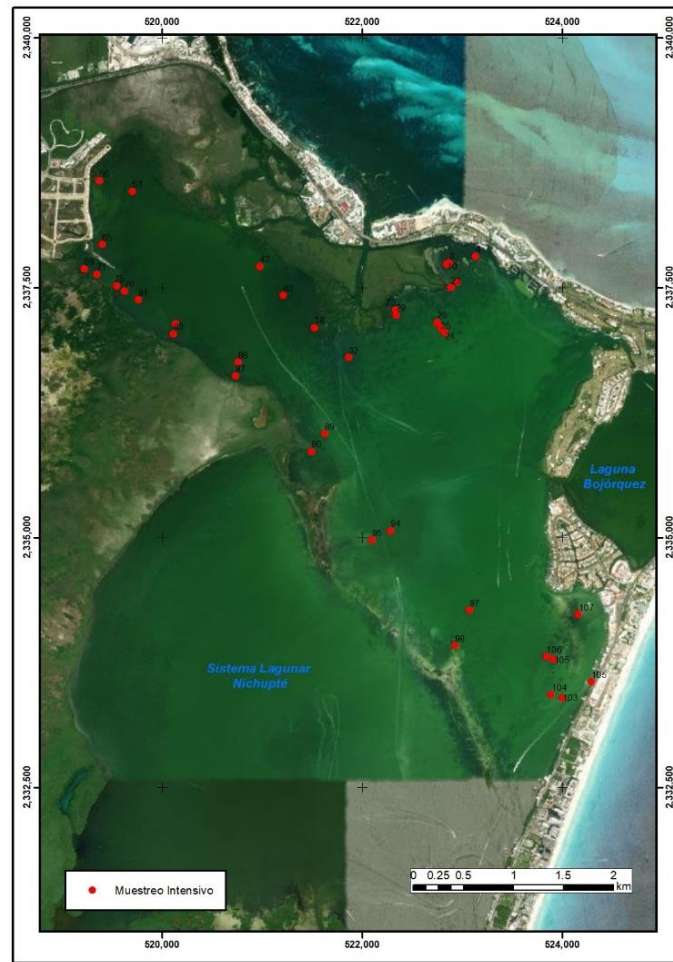
Se realizó un estudio de prospección (173 sitios) para determinar el tipo de ambiente con base en las características generales del tipo de fondo, la comunidad bentónica dominante, homogeneidad y extensión del hábitat y cuatro categorías de cobertura de pastos marinos (**Figura 4.147**). Posteriormente se llevó a cabo un muestreo intensivo (38 sitios) a partir de transectos de 50 m de longitud, para evaluar la biota acuática de la laguna (**Figura 4.148**). Se consideró como principal elemento biótico del necton a la comunidad de peces, y para caracterizar el bentos se consideró la comunidad vegetal (pastos marinos y macroalgas) y la fauna bentónica (moluscos, crustáceos y esponjas).

Figura 4.147. Mapa de ubicación de los sitios de prospección para la elaboración del mapa de ambientes.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

Figura 4.148. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo intensivo.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

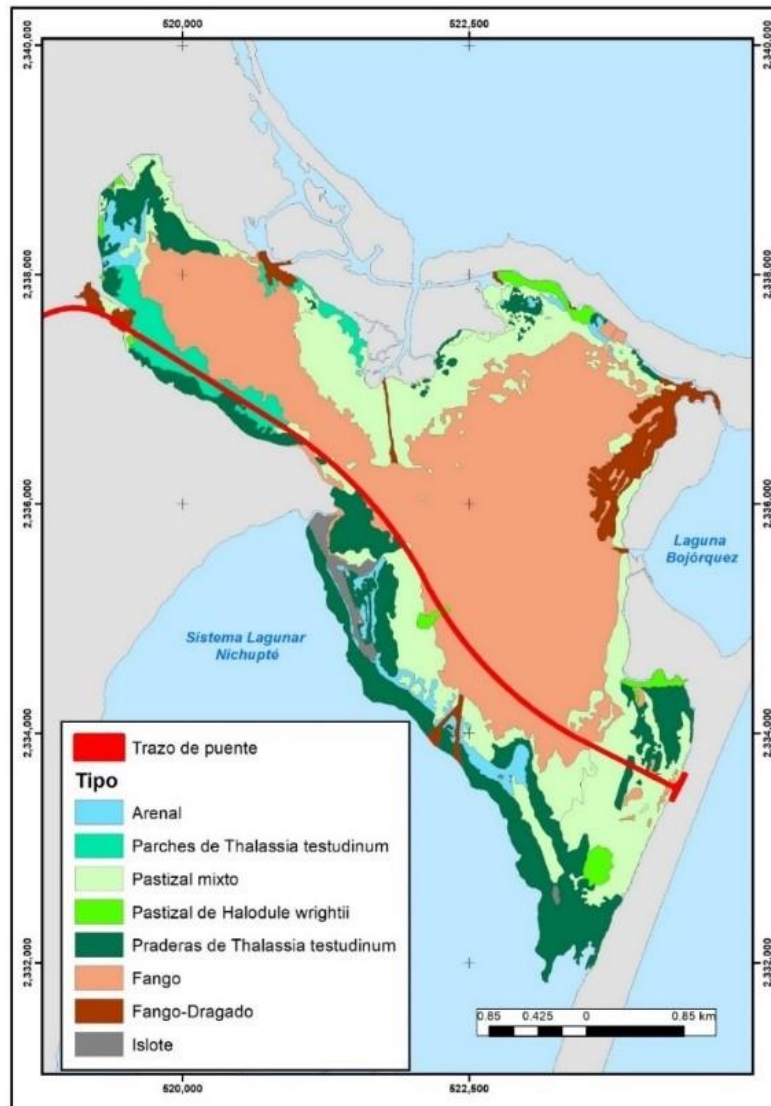
Para caracterizar los componentes vegetales se establecieron como parámetros de los pastos marinos la altura del dosel, la densidad de haces foliares de *Thalassia testudinum*, la cobertura de *T. testudinum* y de *Halodule wrightii*; así como la cobertura de macroalgas, la cobertura por otros organismos y la del sedimento. Se definieron indicadores biológicos específicos para cada grupo taxonómico, siendo de manera general la composición de especies, la distribución y abundancia, la diversidad y equitatividad, la estructura de tallas, los grupos funcionales, la condición de la pradera de pastos marinos, así como especies indicadoras o de particular interés.

4.3.2.2 Caracterización de ambientes y tipos de fondo

Del análisis de los resultados para la Cuenca norte del SLN, se determinaron seis diferentes tipos de ambientes dentro del área de estudio, de acuerdo con sus características de tipo de fondo y comunidad bentónica dominante: Arenal (Ar), Fango (Fa), Pastizal de *Halodule*

wrightii (PHw), *Pastizal mixto* (Pmix), Pradera de *Thalassia testudinum* (PTt) Parches de *Thalassia testudinum* (Ttp). La línea roja representa el trazo contemplado a la fecha de realización del estudio; los ambientes referidos se muestran en la **Figura 4.149**.

Figura 4.149. Mapa de ambientes y trazo del proyecto en la cuenca norte del SLN.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

La extensión que abarca cada tipo de ambiente, así como el número de sitios de muestreo que se revisó para cada uno se muestra en la **Tabla 4.24**.

Tabla 4.24. Extensión por tipo de ambiente presente en el área de estudio; y número de sitios de muestreo que se revisaron para cada uno.

Ambiente	Abr	ÁREA (ha)	%	# sitios de muestreo
Arenal	Ar	42.02	2.77	2
Fango	Fa	708.32	46.75	5
Fango-dragado	Fa	57.93	3.82	-
Islote	-	15.83	1.04	-
Pastizal de <i>Halodule wrightii</i>	PHw	23.75	1.57	3
Pastizal mixto	Pmix	374.91	24.74	14
Pradera de <i>Thalassia testudinum</i>	PTt	239.35	15.80	9
Parches de <i>Thalassia testudinum</i>	Ttp	53.01	3.50	5

Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

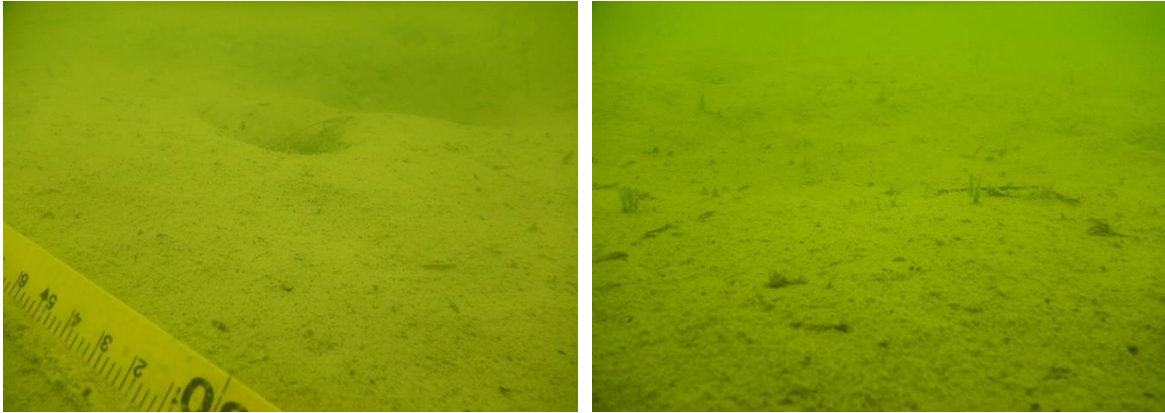
A continuación, se describen las características de tipo de fondo marino, así como la comunidad bentónica dominante que caracterizan los diferentes tipos de ambientes que se reconocieron en el área de estudio:

Arenal (Ar)

El tipo de ambiente que se denominó Arenal se encuentra poco representado en el área de estudio, abarcando un total de 42.02 ha, lo que representa un 2.77% del área de estudio. Los parches de este tipo de ambiente se localizan en 2 áreas principales: una parte muy reducida en el norte del área de estudio, y otra un poco más extensa enfrente del malecón Tajamar (Cancún).

El tipo de fondo en este ambiente se caracterizan por un sustrato de arena media, sin presencia de sedimentos finos del tipo fango, lo que hace este sustrato más o menos estable y compacto. La biota acuática en este ambiente es prácticamente nula, encontrando solamente algunas macroalgas del tipo verde calcárea de crecimiento erecto. Suelen ser ambientes muy someros, registrando entre 0.50 y 1.50 m de profundidad. En algunos sitios se observó el crecimiento de una capa fina de microalgas creciendo sobre el fondo arenoso, siendo un indicador de eutrofización del área (**Figura 4.150**).

Figura 4.150. Imágenes del tipo de ambiente denominado Arenal en el área de estudio.



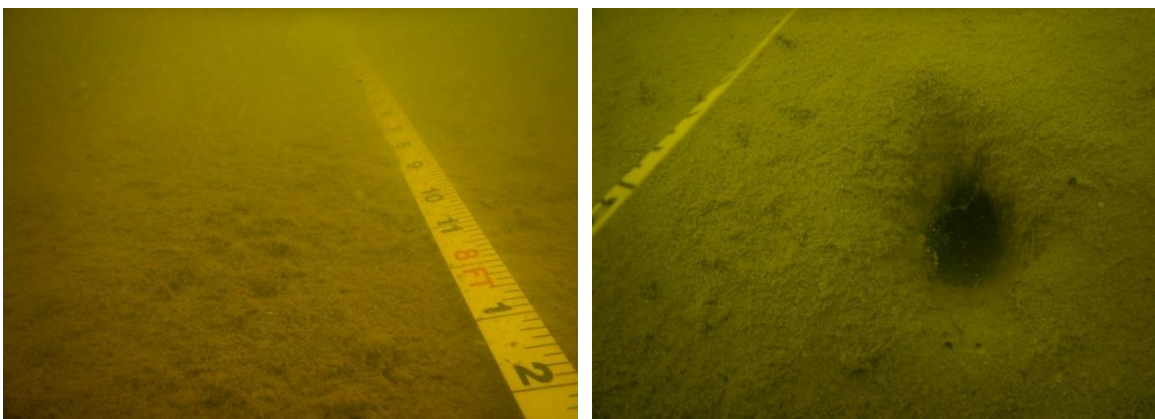
Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Fango (Fa)

El ambiente que se denominó Fango abarca una superficie extensa del área de estudio, de 766.26 ha, lo que representa 50.57% del área de estudio. Este ambiente se ubica en algunas zonas someras que bordean la línea de costa, pero principalmente se extiende por toda la parte central de la cuenca norte del SLN.

El tipo de fondo característico de este ambiente es un sustrato que está conformado por un sedimento muy fino, que fácilmente deja partículas en suspensión en la columna de agua, lo que hace a este sustrato muy inestable y poco compacto. La biota acuática en este ambiente es prácticamente nula, encontrando de manera ocasional algunos haces de pasto marino de la especie *Thalassia testudinum* de tamaño muy pequeño y dispersas, o de macroalgas, pero en muy bajas densidades, que son menores al 5%, y se presentan en forma muy dispersa; también en algunas áreas de este tipo de ambiente se encontraron hoyos en el sustrato, que probablemente pertenecen a crustáceos con hábitos enterradores, pero que no pudieron observarse durante los muestreos. La profundidad en los sitios que presentan este tipo de ambiente es muy variable, teniendo áreas muy someras en los bordes del cuerpo de agua que tienen entre 0.50-1.5 m; mientras la mayoría de este sustrato tiene entre 1.5–3.0 m de profundidad en el centro de la laguna; y solamente en los sitios en donde se han realizado dragado se alcanza una profundidad entre 3.0-4.5 m (Figura 4.151).

Figura 4.151 Imágenes del tipo de ambiente denominado Fango en el área de estudio.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

Pastizal de Halodule wrightii (PHw)

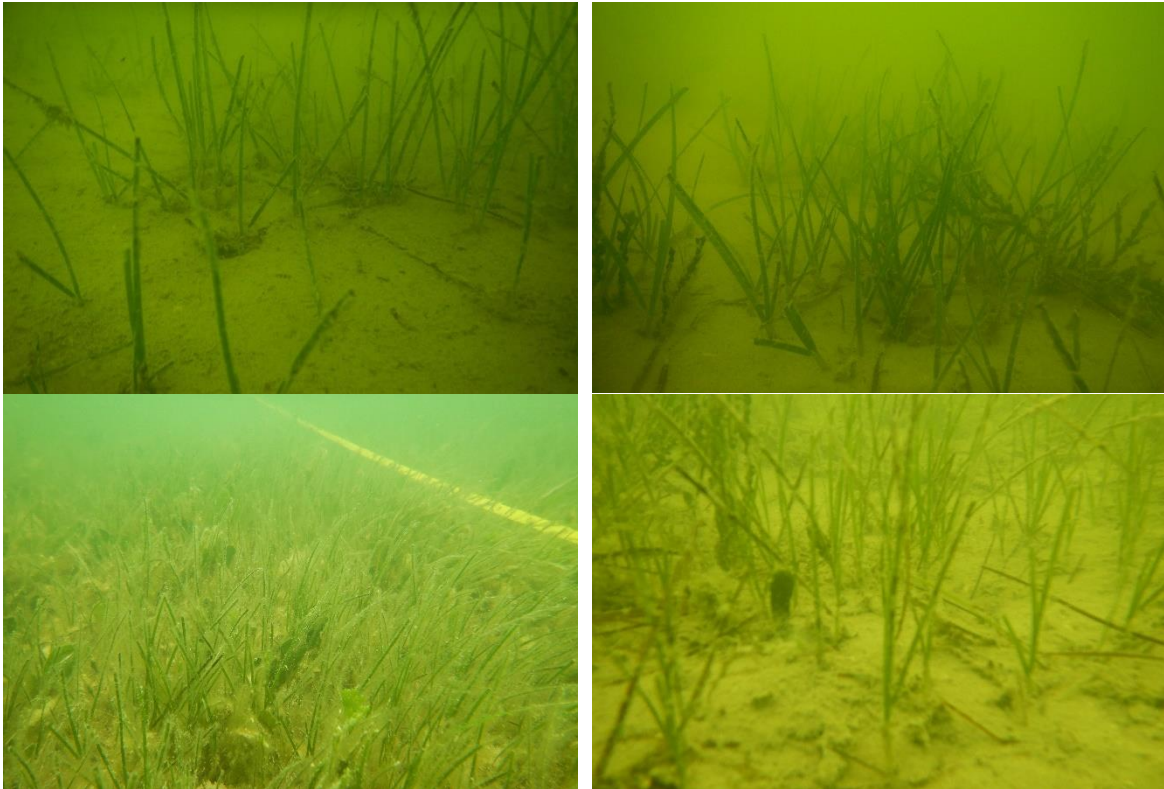
El ambiente de Pastizal de *Halodule wrightii* se encuentra poco representado en el área de estudio, ya que se trata de áreas de poca extensión en la parte sur de la cuenca norte, y un área un poco más grande enfrente del malecón Tajamar, que en conjunto abarca una superficie de 23.75 ha, lo que representa 1.57% del área de estudio.

Este ambiente se caracteriza por ser praderas o parches de pasto marino de la especie *H. wrightii*, con nula o muy escasa presencia de macroalgas y/o del pasto marino de la especie *Thalassia testudinum*. La presencia de otro tipo de biota béntica, tanto de bentos como de necton es más bien escasa.

El tipo de fondo característico de este ambiente es variable, siendo predominante un sustrato tipo fango, aunque en la parte norte del cuerpo de agua este ambiente presenta principalmente sustrato de arena media.

En sitios someros, cercanos a los bordes de la laguna, los pastizales de *Halodule wrightii* tiene suelen tener presencia de la macroalga de la especie *Acetabularia crenulata*, la cual se ha asociado con sitios de contaminación por eutrofización del agua. La cobertura de este pastizal es variable, encontrando sitios donde la pradera es dispersa o en parches (<25%), pero hay sitios en lo que esta especie cubre más del 50% de la superficie. La profundidad para este ambiente es en sitios someros, encontrando áreas entre los 0.5-2.8 m (**Figura 4.152**).

Figura 4.152 Imágenes del tipo de ambiente Pastizal de *Halodule wrightii* en el área de estudio.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

Pastizal mixto (Pmix)

El ambiente denominado Pastizal mixto se encuentra bien representado en el área de estudio, y abarca una superficie extensa de 374.91 ha, lo que representan un 24.74% del cuerpo de agua en estudio. Este tipo de pastizal abarca un área grande en la parte norte y sur de la cuenca, con algunas franjas de este ambiente en la parte este y oeste de la misma; de modo que prácticamente se encuentra a todo el rededor del área de estudio.

La característica principal de este tipo de ambiente es una asociación de especies de ambos tipos de pasto marino, *Thalassia testudinum* y *Halodule wrightii*, y solamente en algunos sitios cerca del malecón se encontraron ejemplares de pasto marino de la especie *Rupia mexicana* fuera de los transectos de muestreo; además de una presencia importante de macroalgas en muchos de los casos. Es frecuente observar que el pastizal mixto está formado por parches en donde domina una u otra especie en diferentes proporciones, pero en algunos sitios se forma una pradera en donde se mezclan ambas especies en proporciones similares. En este tipo de ambiente es donde se registró la mayor presencia de otro tipo de biota béntica, tanto de necton como de bentos.

El tipo de fondo para este ambiente es variable, pero generalmente el pastizal mixto se presenta sobre un sustrato de arena media con presencia de limo que es donde la cobertura vegetal es mayor, y en menos casos sobre fondos de fango, en donde suelen ser pastizales con baja cobertura. El pastizal mixto se desarrolla en las partes más someras del área de estudio, en un rango que va de 0.50-2.3 m de profundidad (**Figura 4.153**).

Figura 4.153 Imágenes del tipo de ambiente Pastizal mixto en el área de estudio.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Pradera de Thalassia testudinum (PTt)

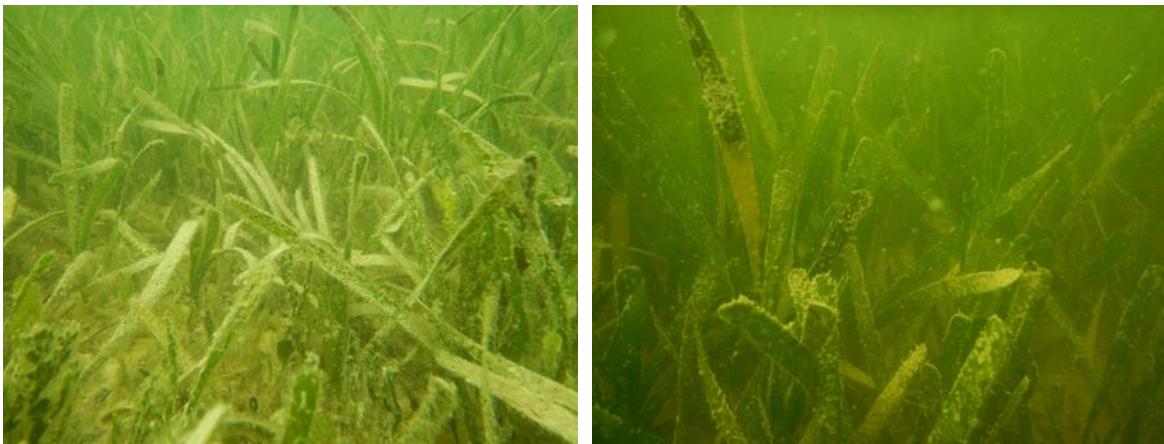
El ambiente denominado Pradera de *Thalassia testudinum* se encuentra representado en varios polígonos de poca extensión, asociados a las partes someras de las áreas de pastizal mixto, abarcando en total una superficie de 239.35 ha, que representa 15.80% del área de estudio.

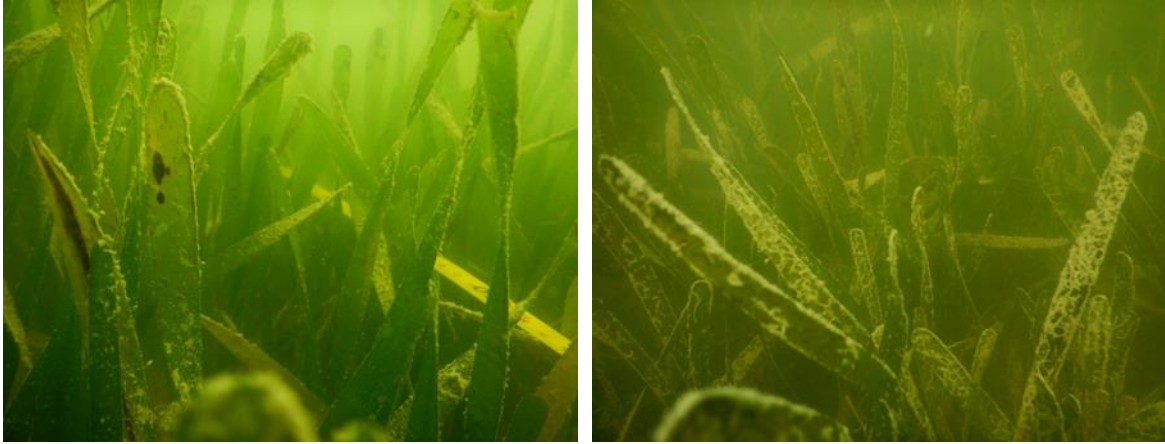
Los sitios con este tipo de ambiente se caracterizan por su dominancia del pasto marino *T. testudinum*, en donde se registran las densidades de pasto más altas, llegando en muchas ocasiones a tener el 100% de cobertura de esta especie.

El tipo de fondo presente en este tipo de ambiente es variable, encontrando que la mayoría de los sitios con alta cobertura de pasto marino se encuentran sobre fondos con sustrato de fango, mientras que los fondos que están más consolidados y formados por arena media y limo suelen tener una abundancia entre el 50 y 80% de cobertura de este elemento biótico. En este tipo de ambiente se registró una importante presencia de otro tipo de biota béntica, tanto de necton como de bentos. Los sitios de este tipo de ambiente suelen ser muy someros, mostrando un rango entre 0.5-1.8 m de profundidad.

Las características de las hojas de este pasto marino *T. testudinum* denotan la calidad de este tipo de ambiente y su función como hábitat y refugio para otras especies acuáticas. En el caso de las praderas de pasto con mayor densidad, las hojas de *T. testudinum* son generalmente de tamaño mediano a largo, entre 15 y 50 cm de longitud, la coloración es principalmente verde brillante, las puntas en su mayoría son redondeadas y sin mortalidad, aunque la presencia de epífitas sobre las hojas es más o menos abundante, sobre todo por la alta sedimentación que existe en toda la laguna. En algunos sitios, donde la cobertura de esta especie de pasto marino es menor, se encontró que los haces de *T. testudinum* son diferentes, encontrando algunos sitios donde las hojas son muy largas, entre 35 y 45 cm de longitud, pero son muy angostas; la hoja es gruesa y ásperas, y suelen tener una coloración verde oscuro, con las puntas rotas y una alta presencia de epífitas cubriendo toda la hoja (**Figura 4.154**).

Figura 4.154. Imágenes del tipo de ambiente Pradera de *Thalassia testudinum* en el área de estudio.





Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

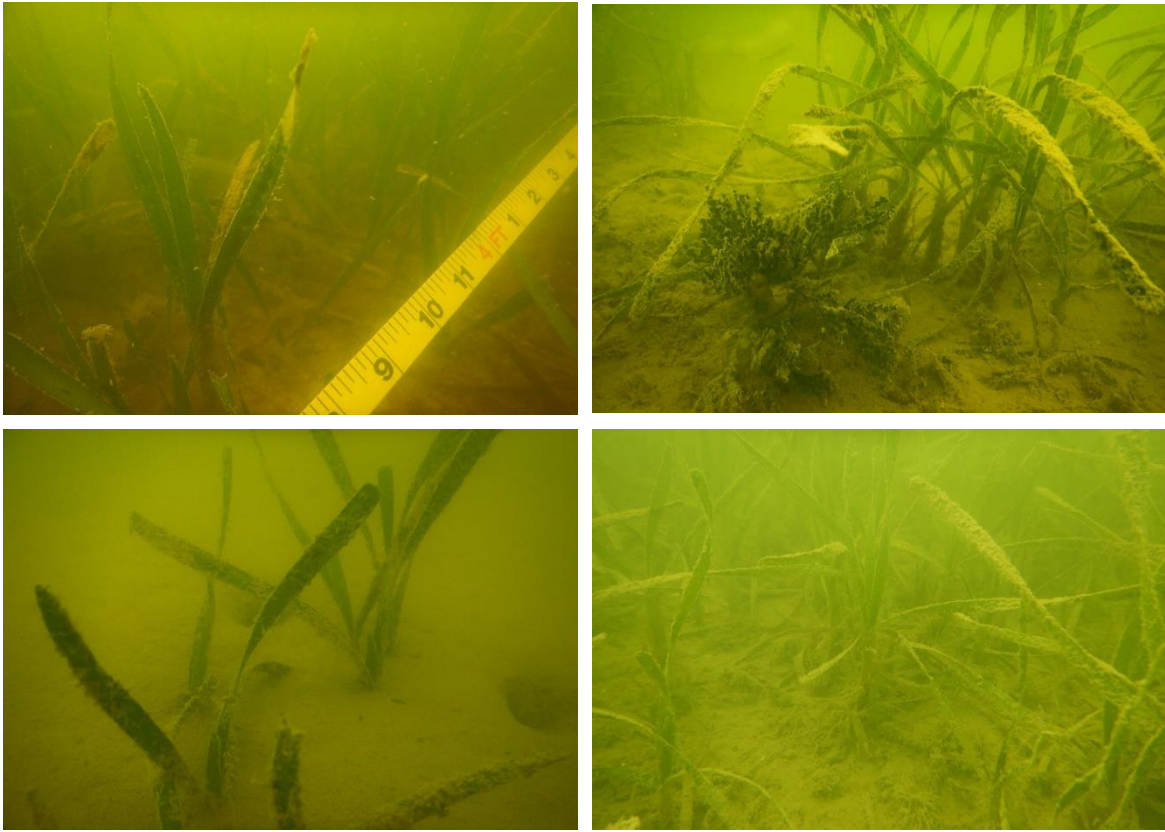
Parches de Thalassia testudinum (Ttp)

El ambiente que se denominó Parches de *Thalassia testudinum* se encuentra presente en una franja ancha que se extiende por todo lo largo de la costa suroeste del área de estudio, y algunas áreas más pequeñas en la parte norte, abarcando en total una superficie de 53.01 ha, que representa 3.50% del área de estudio.

Este ambiente se caracteriza por la presencia del pasto marino *Thalassia testudinum* en densidades bajas, que pueden ir desde el 5% de cobertura hasta un máximo del 30% en las partes más cercanas a la costa. La disposición del pasto marino en este ambiente es muy variable, ya que puede presentarse en grupos de haces de *T. testudinum* que forma parches dispersos que se extienden en el área, o pueden ser haces dispersos por toda el área con baja cobertura. Se observó que en el polígono más grande que tiene este tipo de ambiente existe mayor cobertura de pasto marino cerca del borde del cuerpo de agua, y que su densidad disminuye bastante hacia el centro de este. Las hojas de pasto marino también son muy variables, generalmente en los sitios donde la densidad es baja, los haces son muy pequeños (<20 cm de longitud) y las hojas son de color verde muy brillante; y en donde la cobertura es mayor las hojas suelen ser largas (>20 cm) y suelen ser de color verde oscuro.

El tipo de fondo característico en este ambiente es el sustrato de tipo fango. En este ambiente se registraron pocos organismos de otro tipo de biota béntica, tanto de necton como de bentos. Estos sitios suelen ser someros, mostrando un rango entre 1.0-1.8 m de profundidad (**Figura 4.155**).

Figura 4.155 Imágenes del tipo de ambiente Parches de *Thalassia testudinum* en el área de estudio.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

Descripción de la comunidad vegetal

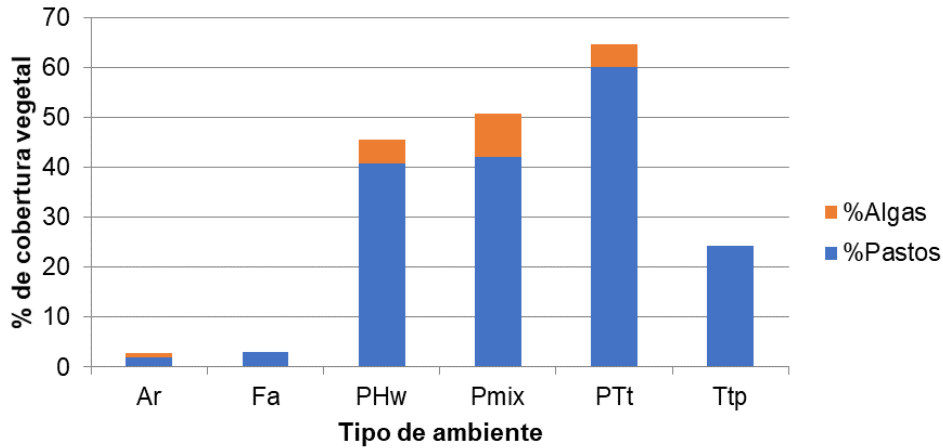
Cobertura vegetal

La cobertura vegetal en el área de estudio es muy variable, en función del tipo de ambiente, estimando valores muy bajos del 2.8% en los ambientes de Arenal (Ar) y Fango (Fa), hasta el valor más alto con un promedio de 64.5% de cobertura en el ambiente de Pradera de *Thalassia testudinum* (PTt).

En todos los ambientes, la cobertura vegetal predominancia de pastos marinos, con los valores más altos en las praderas que se reconocieron como los ambientes Pastizal de *Halodule wrightii* (PHw), Pastizal mixto (Pmix) y Pradera de *Thalassia testudinum* (PTt), en donde se estimaron valores entre el 40 y 60%. La cobertura vegetal debida a las macroalgas es mucho más baja, estimando su valor más alto en el ambiente Pastizal mixto (Pmix) con una cobertura de 8.5%, y valores alrededor del 4% en los ambientes del Pastizal de

Halodule wrightii (PHw) y en las Praderas de *Thalassia testudinum* (PTt, valores <1% en el resto de los ambientes (**Figura 4.156**).

Figura 4.156. Porcentaje de cobertura vegetal (pastos marinos y macroalgas) por tipo de ambiente.

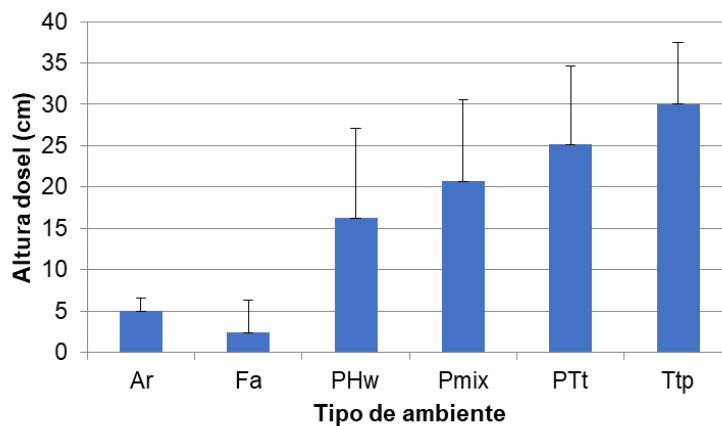


Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Altura del dosel

La altura del dosel de la comunidad vegetal en el área de estudio es muy variable, y se observa un patrón en función del tipo de ambiente. En los ambientes donde la cobertura vegetal es muy baja, la altura del dosel es menor a los 5cm de altura. En el resto de los ambientes se observa un incremento gradual del dosel, desde el Pastizal de *Halodule wrightii* (PHw) en donde se estimó 16.3 ± 10.8 cm, hasta los Parches de *Thalassia testudinum* (Ttp) en donde se estimó 30.0 ± 7.8 cm (**Figura 4.157**).

Figura 4.157. Estimación de la altura del dosel (cm) por tipo de ambiente.



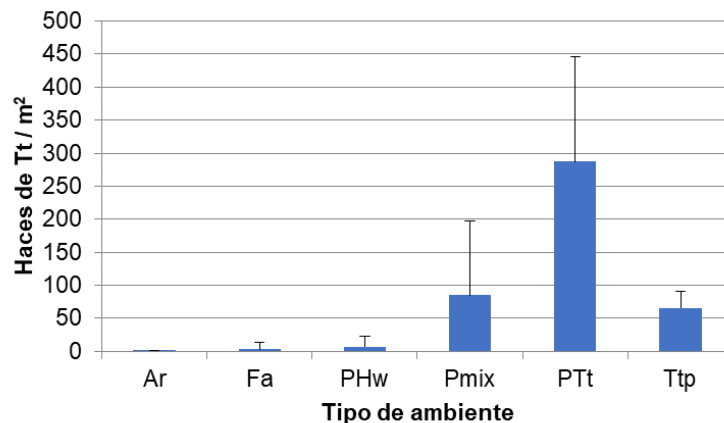
Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Densidad del pasto *Thalassia testudinum*

La densidad del pasto marino *T. testudinum* es otro elemento que se estimó para evaluar el tipo de comunidad vegetal en cada uno de los tipos de ambiente que se definieron para el área de estudio. Es evidente las variaciones de este parámetro, encontrando valores muy bajos (menores a 7 haces de Tt/m²) en los ambientes de sedimentos, Arenal (Ar) y Fango (Fa); así como en el Pastizal de *Halodule wrightii* (PHw).

En los ambientes que por definición tienen como elemento biótico importante el pasto marino *T. testudinum*, el número de haces por metro cuadrado es mayor; teniendo un valor estimado de 65.3±24.9 haces de Tt/m² para el ambiente Parches de *T. testudinum* (Ttp), valores muy variables que dan en promedio 84.9±112.5 haces de Tt/m² para el Pastizal mixto (Pmix), y el valor más alto de 287.4±158.2 haces de Tt/m² para el ambiente de la Pradera de *T. testudinum* (PTt) (**Figura 4.158**).

Figura 4.158. Estimación de la densidad del pasto marino *T. testudinum* por tipo de ambiente



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

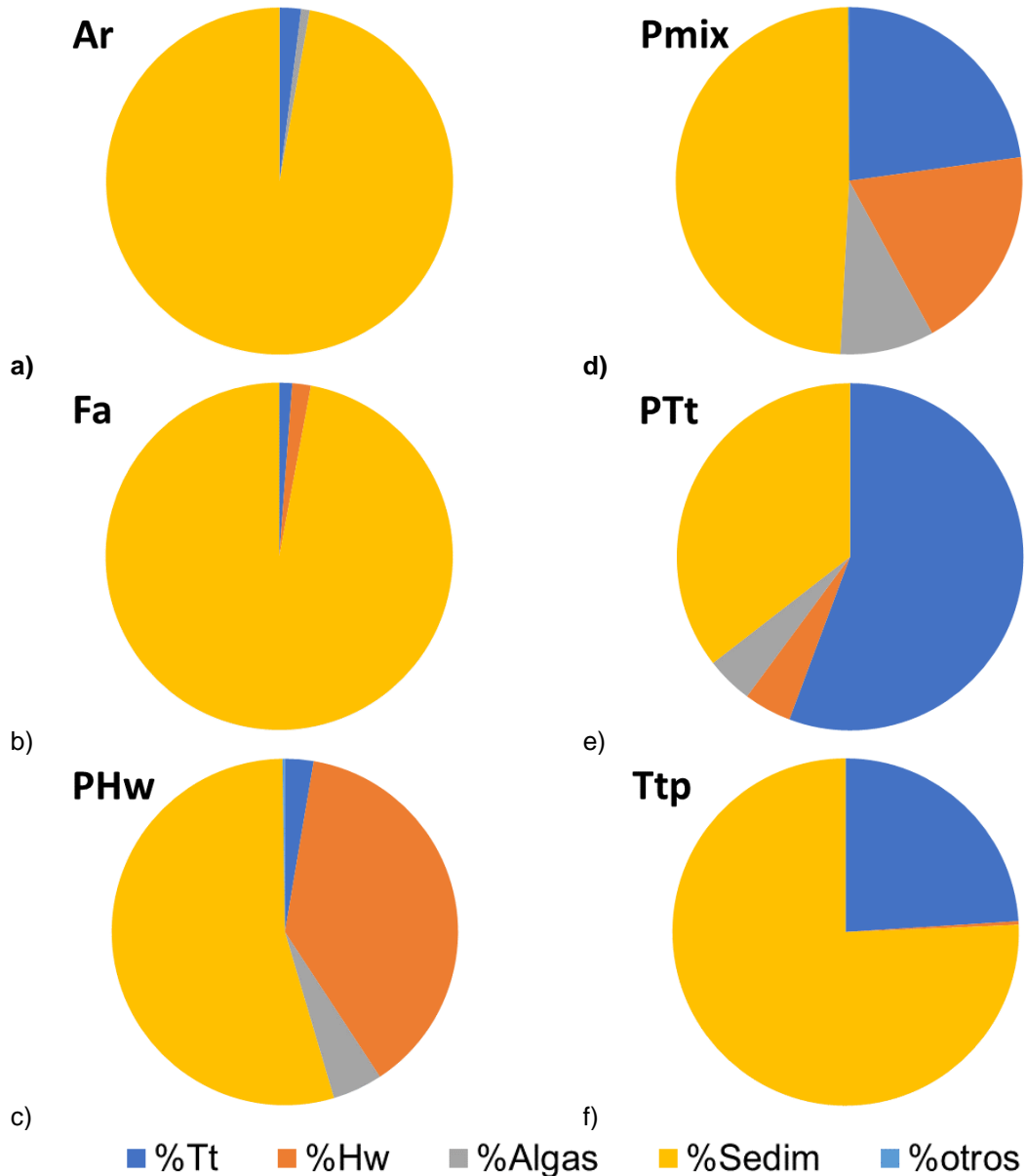
Composición del fondo marino por tipo de ambiente

La composición del fondo marino por tipo de ambiente es muy variable y define claramente las características de cada uno.

Los ambientes Arenal (Ar) y Fango (Fa) presentaron alrededor del 97% del fondo marino formado por sedimentos, en el primer caso se trata de un sedimento de arena media, y en el segundo un sedimento menos compacto de tipo fango; siendo así, la presencia de pasto marino y macroalgas queda restringido a tan solo un 3% del fondo marino en estos ambientes (**Figura 4.159 a y b**).

El ambiente denominado Pastizal de *Halodule wrightii* (PHw) presenta poco más de la mitad del fondo marino de sedimento (54%), teniendo como elemento biótico más importante precisamente el pasto marino de esta especie, con una cobertura del 38%, con muy poca presencia de pasto marino de la especie *Thalassia testudinum* (3%) y de macroalgas (5%), con presencia de otros elementos que representa menos del 1% (**Figura 159 c**).

Figura 4.159 Comparación de la composición del fondo marino por tipo de ambiente para el área de estudio.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

El ambiente denominado Pastizal mixto presenta la mitad del fondo marino de sedimento (49%) y una cobertura por pasto marino del 42%, de los cuales el 23% corresponde a la especie *Thalassia testudinum* y el 19% a *Halodule wrightii*; con solamente 9 % de macroalgas, y presencia de otros organismos que representan menos del 1%. Cabe mencionar que en el área del malecón Cancún se encontraron ejemplares del pasto marino *Rupia mexicana* fuera de los transectos de muestreo (**Figura 159 d**).

Las Praderas de *Thalassia testudinum* (PTt) representan el ambiente que tiene un fondo marino con un mayor porcentaje cubierto por elementos bióticos, que se estimó en un 65%, de los cuales el pasto marino *T. testudinum* es el más dominante, abarcando un 56%, mientras el pasto *H. wrightii* tiene una cobertura de solo el 5%, y las macroalgas del 4%. De este modo, este ambiente es el que tiene un fondo marino con menor cantidad de sedimento, el cual representa el 35% (**Figura 159 e**).

Por último, el ambiente denominado Parches de *Thalassia testudinum* (Ttp) tienen un fondo con bastante sedimento (75%) y solamente un 24% de la cobertura corresponde al pasto marino *Thalassia testudinum*, y un 1% a la especie *Halodule wrightii*, sin representación de macroalgas o algún otro elemento (**Figura 159 f**).

Estructura comunitaria de macroalgas

Se presenta el análisis de la estructura comunitaria de macroalgas por tipo de ambiente. Se analiza la distribución y composición específica de este grupo taxonómico, así como su abundancia relativa, riqueza específica, diversidad y equitatividad, y proporción de grupos morfofuncionales.

Distribución y composición específica

La comunidad de macroalgas en el área de estudio está compuesta por 10 especies, pertenecientes a nueve géneros y dos divisiones. La especie dominante y que se encuentra presente en todos los ambientes que registraron cobertura de algas es *Halimeda incrassata*, siendo un alga verde calcárea de crecimiento erecto que se adapta a crecer en sustratos de arena poco consolidados. La composición de especies de algas es similar en los ambientes de pradera de pasto marino, con dominancia de *H. incrassata*, seguida del alga *Acetabularia crenulata* y *Udotea fibrosa*, con registros escasos y raros del resto de las especies presentes (**Tabla 4.25**).

Tabla 4.25 Listado de especies de macroalgas y abundancia relativa por tipo de ambiente. Rangos de abundancia: D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).

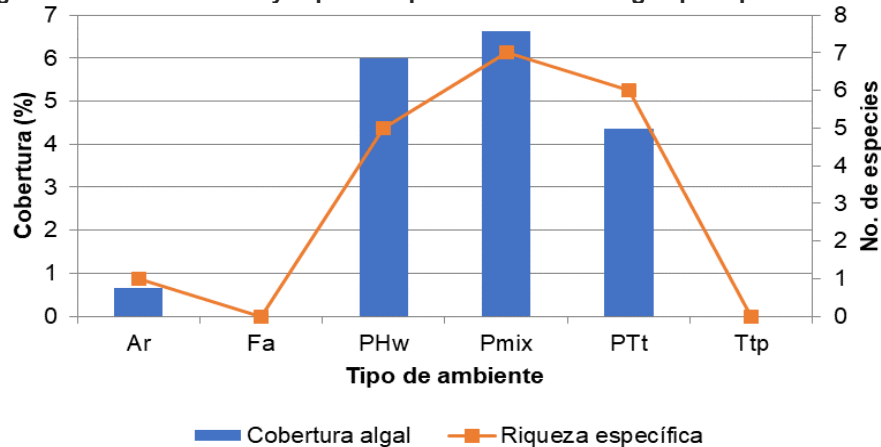
División	Género	Especie	Ar	Fa	PHw	Pmix	PTt	Ttp
Chlorophyta	<i>Acetabularia</i>	<i>crenulata</i>			A	D	A	
	<i>Caulerpa</i>	<i>prolifera</i>					C	
		<i>sertularioides</i>			C			
	<i>Dasycladus</i>	<i>vermicularis</i>			E	A	E	
	<i>Halimeda</i>	<i>incrassata</i>	D		D	D	D	
	<i>Penicillus</i>	<i>capitatus</i>					E	
	<i>Rhipilia</i>	<i>tomentosa</i>				E		
	<i>Udotea</i>	<i>fibrosa</i>			A	E	A	
Rhodophyta	<i>Laurencia</i>	<i>papillosa</i>				R		
	<i>Liagora</i>	<i>sp.</i>				E		
No. de especies			1	0	5	7	6	0

Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

a) Abundancia y riqueza específica

La abundancia de macroalgas es baja, con una cobertura entre 4 y 7% para las praderas de pastos marinos, que incluye los ambientes Pastizal de *Halodule wrightii* (PHw), Pastizal mixto (Pmix) y Pradera de *T. testudinum* (TTt), con un número de especies que va de 5 a 7; un <1% en el Arenal (Ar) con solo 1 especie; y sin registro en los Parches de *T. testudinum* (Figura 4.160).

Figura 4.160. Abundancia y riqueza específica de macroalgas por tipo de ambiente

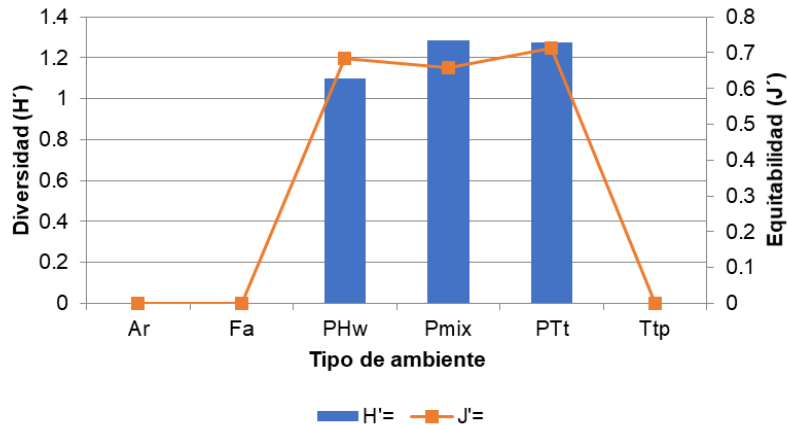


Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

b) Diversidad y equitatividad

Los valores de diversidad también son bajos, teniendo valores del índice de diversidad H' entre 1.1 y 1.3, y valores de equitatividad J' alrededor de 0.7 (Figura 4.161).

Figura 4.161. Índice de diversidad (H') y equitatividad (J') de macroalgas por tipo de ambiente

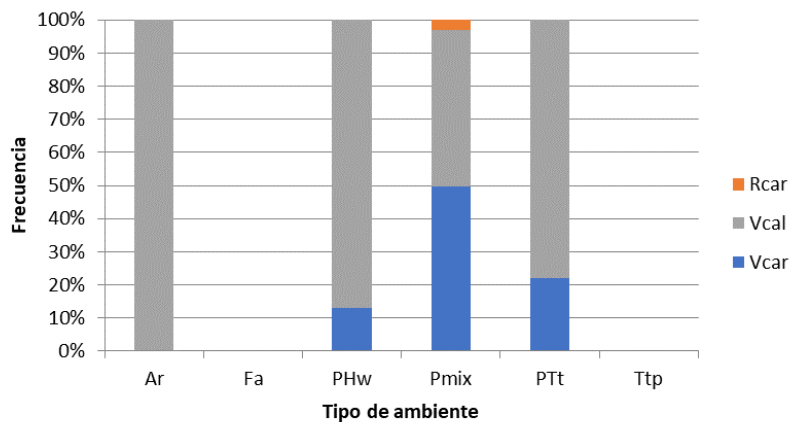


Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

c) Grupos morfofuncionales

El análisis de los grupos morfofuncionales muestra una clara dominancia de las algas verdes calcáreas, debido a la dominancia de las especies *Halimeda incrassata* y *Udotea fibrosa*, con presencia de algas verdes carnosas en los ambientes de pastizal, sobre todo de la especie *Acetabularia crenulata*, y muy poca abundancia de algas rojas, que en este caso está representada por las especies *Laurencia papillosa* y *Liagora* sp. (Figura 4.162).

Figura 4.162. Frecuencia de grupos morfofuncionales para macroalgas por tipo de ambiente. Categorías: Vcar=verde carnosa, Vcal=verde calcárea, Rcar=roja carnosa.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

Descripción del necton

Se presenta el análisis del ensamble de peces que existe en el área de estudio por tipo de ambiente. Se analiza la distribución y composición de especies por grupo taxonómico, así como su abundancia relativa, riqueza específica, diversidad y equitatividad, y proporción de estructura de tallas y grupos tróficos.

Distribución y composición específica

Se registró un total de seis especies, distribuidas en seis géneros y cinco familias. De los seis ambientes, solo en cuatro se observaron peces, donde la especie *Gerres cinereus* fue la de mayor distribución, presentándose en tres ambientes como especie dominante, seguida por la especie *Sphoeroides testudineus* la cual se registró en dos ambientes, dominando en las Praderas de *Thalassia testudinum* (PTt) y siendo abundante en el ambiente de Pastizal mixto (Pmix). Las especies *Eucinostomus melanopterus*, *Haemulon flavolineatum* y *Urobatis jamaicensis* solo tuvieron presencia en un ambiente (Tabla 4.26).

Tabla 4.26. Listado de especies de peces y abundancia relativa por tipo de ambiente. Rangos de abundancia: D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).

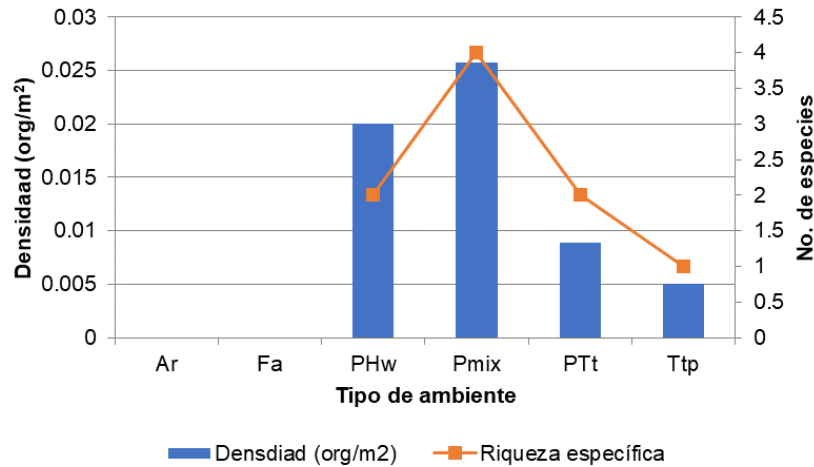
Familia	Género	Especie	Ar	Fa	PHw	Pmix	PTt	Ttp
Gerreidae	<i>Eucinostomus</i>	<i>melanopterus</i>				D		
	<i>Gerres</i>	<i>cinereus</i>			D	D		D
Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>flavolineatum</i>			A			
Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>bivittatus</i>					D	
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides</i>	<i>testudineus</i>				A	D	
Urotrygonidae	<i>Urobatis</i>	<i>jamaicensis</i>				A		
No. de especies			0	0	2	4	2	1

Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Abundancia y riqueza específica

La mayor densidad y riqueza de especies se registró en el ambiente Pastizal mixto (Pmix) con 0.026 org/m² y cuatro especies presentes; los ambientes Pastizal de *Halodule wrightii* (PHw) y Pradera de *Thalassia testudinum* (PTt) presentaron la misma riqueza, con dos especies cada uno; mientras que la densidad fue de 0.02 org/m² y 0.009 org/m² respectivamente; finalmente el ambiente de Parches de *Thalassia testudinum* (Ttp) presentó una densidad de 0.005 org/m² con solo una especie registrada (Figura 4.163).

Figura 4.163. Abundancia y riqueza específica de peces por tipo de ambiente

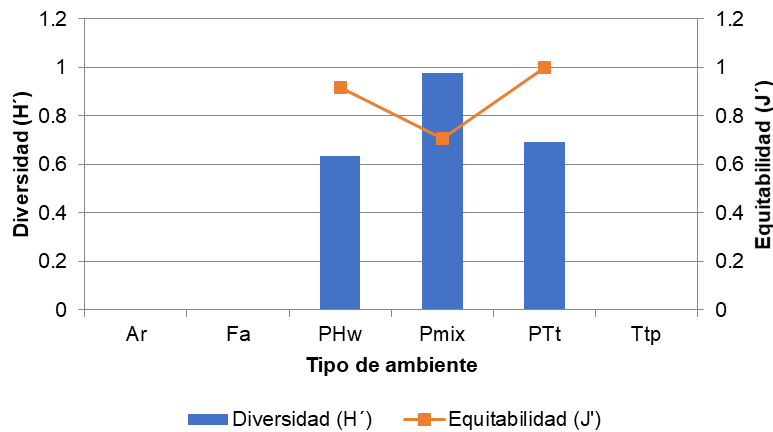


Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Diversidad y equitatividad

La mayor diversidad se registró en el ambiente Pmix con un valor de $H' = 0.9779$ y una equitatividad de $J' = 0.7054$; mientras que los ambientes Pastizales de *Halodule wrightii* (PHw) y Pradera de *Thalassia testudinum* (PTt) presentaron valores de $H' = 0.6365$ con una $J' = 0.9183$ y $H' = 0.6931$ con una $J' = 1$ respectivamente. Cabe mencionar que en el ambiente Pradera de *Thalassia testudinum* (PTt) la equitatividad fue 1 debido a que solo se registraron dos especies con el mismo número de individuos (Figura 4.164).

Figura 4.164. Índice de diversidad (H') y equitatividad (J') de peces por tipo de ambiente



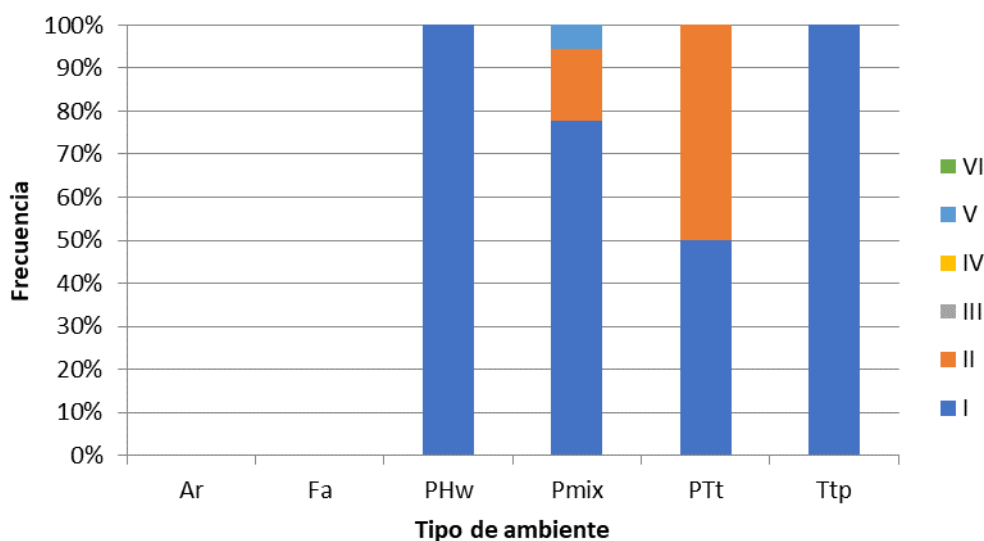
Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

Estructura de tallas

Se registraron solo tres categorías de tallas de las seis que considera el método de muestreo, donde el ambiente Pastizal mixto (Pmix) presentó las tres, dominando la

categoría I aportando en 77.8% de la frecuencia total acumulada, seguido por peces categoría II quienes aportaron el 16.7% de la frecuencia, mientras que los peces grandes de la categoría V aportaron solamente el 5.6% de frecuencia. En el ambiente de la Pradera de *Thalassia testudinum* (PTt) se registró peces categoría I y II aportando cada una el 50% a la frecuencia. En los ambientes Pastizal de *Halodule wrightii* (PHw) y Parches de *Thalassia testudinum* (Ttp) solo se observaron peces pequeños de la categoría I (**Figura 4.165**).

Figura 4.165. Frecuencia por estructura de tallas para peces por tipo de ambiente. I <5 cm; II 5-10 cm; III 10-20 cm; IV 20-30 cm; V 30-40 cm VI >40cm

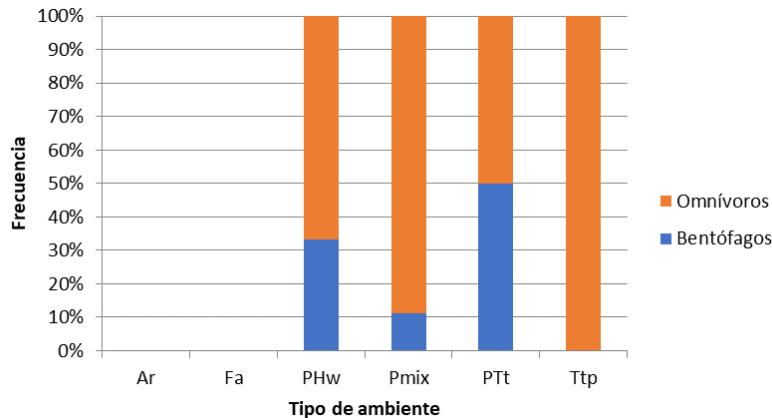


Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Grupos tróficos

Solo se registraron dos grupos tróficos: omnívoros y bentófagos, dominando los peces omnívoros. En los ambientes Pastizal de *Halodule wrightii* (PHw), Pastizal mixto (Pmix) y Parches de *Thalassia testudinum* (Ttp) los peces omnívoros aportaron el 66.7%, 88.9% y el 100% a la frecuencia respectivamente, mientras que en el ambiente Pradera de *Thalassia testudinum* (PTt) los peces bentófagos y omnívoros aportaron el 50% de la frecuencia cada uno (**Figura 4.166**).

Figura 4.166. Frecuencia de grupos tróficos para peces por tipo de ambiente.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Descripción del bentos

La biota del bentos para el área de estudio estuvo representada por dos grupos tróficos: los moluscos y las esponjas. Para el grupo de los moluscos se presenta el análisis de la distribución y composición específica, de su abundancia relativa, riqueza específica, diversidad y equitatividad en función del tipo de ambiente. Para el grupo de las esponjas se presenta únicamente el listado de especies para analizar su distribución y abundancia por tipo de ambiente.

Distribución y composición específica de moluscos

En el área de estudio se registró un total de 19 especies de moluscos, pertenecientes a 19 géneros y 17 familias. Se muestrearon un total de 248 individuos dentro de los 6 distintos ambientes que se reconocieron.

La especie dominante en la mayoría de los ambientes fue *Tellina lineata*, seguida por *Bulla striata* y *Cerithium litteratum*, mostrando una composición específica de moluscos similar para los ambientes donde hay pasto marino de la especie *Thalassia testudinum*. Los valores de riqueza de especies se estimaron entre 10 y 16 por cada uno de estos tipos de ambiente.

Durante el muestreo en el área de estudio resultó notorio que el grupo de invertebrados mejor representado fue el de los moluscos, al observar las conchas encontradas en el área. Una gran cantidad de esas conchas estaban fragmentadas, quedando reducidas solo la pedacería que ha sido enterrada en el sedimento. Se encontraron pocos ejemplares vivos de moluscos, pertenecientes principalmente a las especies *Bulla striata* y *Cerithium*

litteratum. Aunque *Tellina lineata* fue la especie dominante en la mayoría de los ambientes, no se encontraron ejemplares vivos de esta especie, ni de ningún otro bivalvo (**Tabla 4.27**).

Tabla 4.27 Listado de especies de moluscos y abundancia relativa por tipo de ambiente. Rangos de abundancia: D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	Ar	Fa	PHw	Pmix	PTt	Ttp
Arcidae	<i>Barbatia</i>	<i>cancellaria</i>			A	C	E	
Buccinidae	<i>Busycon</i>	<i>spiratum</i>					E	
Bullidae	<i>Bulla</i>	<i>striata</i>		D	D	C	E	A
Cerithiidae	<i>Bitium</i>	<i>alternatum</i>				E		A
	<i>Cerithium</i>	<i>litteratum</i>		D		A	D	D
Columbellidae	<i>Columbella</i>	<i>mercatoria</i>				E	E	
Fissurellidae	<i>Diodora</i>	<i>cayenensis</i>					C	E
Lucinidae	<i>Codakia</i>	<i>orbicularis</i>					E	
Marginellidae	<i>Prunum</i>	<i>apicinum</i>				E		E
Mitridae	<i>Mitra</i>	<i>nodulosa</i>				E	C	C
Modulidae	<i>Modulus</i>	<i>modulus</i>				E	E	
Neritidae	<i>Neritina</i>	<i>virginea</i>		D		E		
Phasianellidae	<i>Tricolia</i>	<i>affinis</i>				E		
Tellinidae	<i>Tellina</i>	<i>lineata</i>		D	D	D	D	E
Trochidae	<i>Tegula</i>	<i>fasciata</i>				E	E	
Turbinidae	<i>Astraea</i>	<i>americana</i>				C	C	
Veneridae	<i>Anomalocardia</i>	<i>auberiana</i>				E	E	A
	<i>Chione</i>	<i>cancellata</i>				D	A	A
Vitrinellidae	<i>Vitrinella</i>	<i>helicoidea</i>				E	E	E
No. de especies			0	4	3	16	15	10

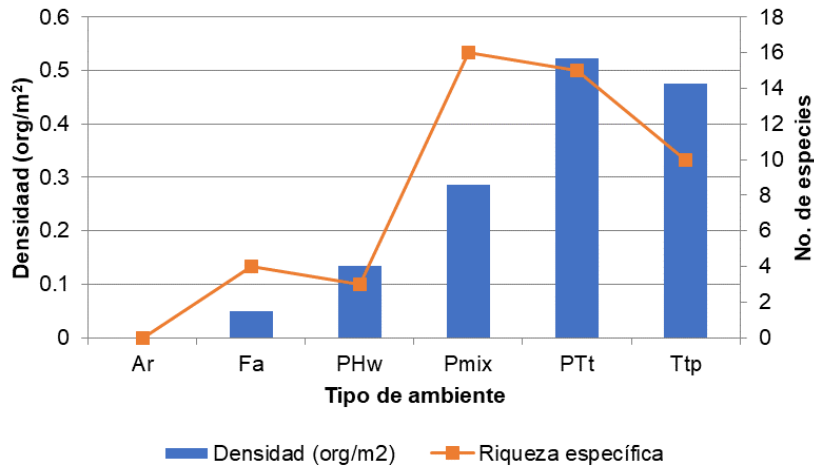
Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Abundancia y riqueza específica de moluscos

La abundancia de moluscos fue más elevada en los ambientes de pastizal de *Thalassia testudinum* (Pmix, PTt y Ttp), en donde se estimó una densidad entre 0.29 y 0.52 ind/m², registrando el valor más alto en las Praderas de *Thalassia testudinum* (PTt). En los ambientes con puro sedimento los registros de moluscos fueron prácticamente nulos.

En términos de riqueza específica, se registró el valor más alto en el ambiente Pastizal mixto (Pmix), con 16 especies. Por el contrario, los ambientes con el menor número de especies fueron el Arenal (Ar) sin registros de moluscos y el ambiente denominado Fango (Fa), con solamente 4 especies (**Figura 4.167**).

Figura 4.167 Abundancia y riqueza específica de moluscos por tipo de ambiente

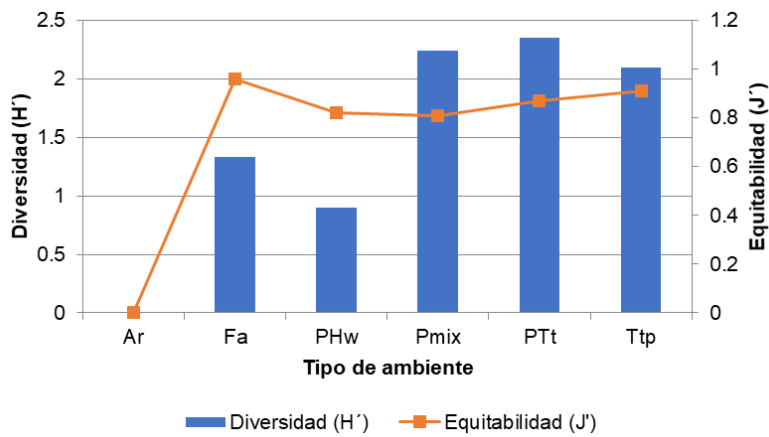


Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

Diversidad y equitatividad de moluscos

Los valores de diversidad de moluscos más altos se estimaron para los ambientes con presencia de pasto marino *Thalassia testudinum* (PTt, Pmix y Ttp), con valores del índice $H' = 2.35, 2.24$ y 2.10 respectivamente, mientras que el más bajo se encontró en el ambiente Ar, donde no hubo registros. En cuanto a la equitatividad los valores son en general bajos, debido a la dominancia de las especies *Tellina lineata*, *Bulla striata* y *Cerithium litteratum*, estimando valores del índice J' entre 0.87 y 0.96 (Figura 4.168).

Figura 4.168 Índice de diversidad (H') y equitatividad (J') de moluscos por tipo de ambiente.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Distribución y abundancia de esponjas

En el área de estudio se registraron tres especies de esponjas, pertenecientes a 3 géneros y 3 familias. Se muestrearon un total de 23 individuos dentro de los 6 distintos ambientes en los que se dividió el área de estudio.

Los ambientes de pastizales fueron donde se encontraron todos los individuos de este grupo taxonómico, mientras que en los ambientes de Arenal y Fango no se registraron organismos. Se encontraron esponjas pertenecientes a los géneros *Haliclona sp.*, *Agelas sp.* y *Dysidea sp.* (Tabla 4.28)

Tabla 4.28 Listado de especies de esponjas y abundancia relativa por tipo de ambiente. Rangos de abundancia: D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).

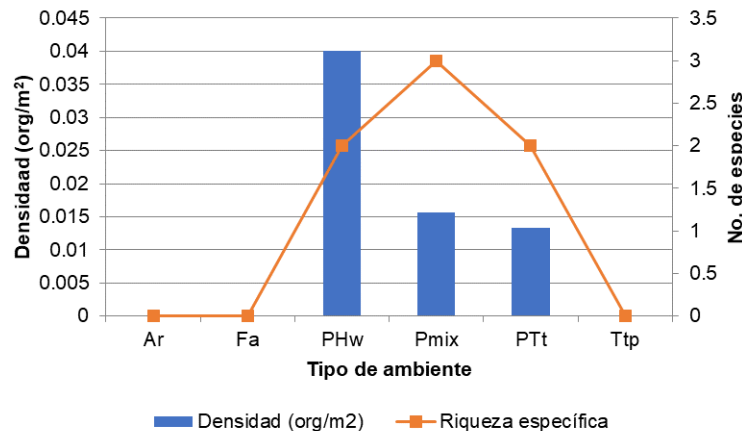
Familia	Género	Especie	Ar	Fa	PHw	Pmix	PTt	Ttp
Agelasidae	<i>Agelas</i>	<i>sp</i>			D	D	D	
Chalinidae	<i>Haliclona</i>	<i>sp</i>				D		
Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>etheria</i>			D	D	D	
No. de especies				0	2	3	2	0

Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Abundancia y riqueza específica de esponjas

La abundancia de esponjas en el área de estudio es muy poca. Durante los muestreos se registró una densidad entre 0.01 y 0.04 org/m², en los ambientes de pastizal, con la mayor abundancia en el ambiente denominado Pastizal de *Halodule wrightii* (PHw) (Figura 4.169).

Figura 4.169 Abundancia y riqueza específica de esponjas por tipo de ambiente



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Presencia de otros invertebrados

Además del grupo de los moluscos, fueron pocos los representantes de otros taxa registrados en el muestreo. Después de los moluscos, el grupo más común fue el de los crustáceos, que como en el caso de *Callinectes sp*, se presentaron en varios sitios en las secciones 1 y 2. Dentro de este grupo, también se observó al cangrejo *Panopeus occidentalis* en la Sección 1. En esa misma sección se registró la presencia del balano *Amphibalanus amphitrite* creciendo sobre sustrato duro, como las llantas del arrecife artificial e incluso sobre las conchas de moluscos.

4.3.2.2.3 Evaluación del estado de conservación de los ambientes

El Sistema Lagunar Nichupté (SLN) es un ecosistema costero asociado a uno de los polos turísticos más importantes del país, razón por la cual se encuentra sujeto a las presiones ambientales propias del desarrollo urbano y actividades recreativas. Las principales fuentes de alteración son el incremento de nutrientes que provienen de las descargas de agua hacia la laguna, dragados, rellenos de zonas someras, tala de mangle, y el uso de embarcaciones de motor (Collado-Vides y González-González, 1993).

Esta situación ha generado que el ecosistema del SLN esté sujeto a una problemática ambiental compleja desde hace ya varias décadas. El estudio de la CONAGUA (2012) reconoce que el SLN enfrenta amenazas diversas y con efectos sinérgicos, que han ocasionado un deterioro paulatino y creciente. La principal amenaza que se reconoce es el proceso de urbanización, que ha propiciado el cambio de uso de suelo no controlado para la construcción de hoteles y desarrollo de zonas residenciales, que en algunos casos ha implicado el relleno del humedal para las edificaciones y vías de acceso. En cuanto a su uso, en el SLN se llevan a cabo una gran cantidad de actividades turísticas acuáticas que generan un impacto negativo y acumulativo. Otro aspecto fundamental ha sido por mucho tiempo la descarga clandestina de aguas residuales domésticas y de la industria hotelera. Aunque la zona hotelera tiene sus plantas de tratamiento de aguas residuales y están regulados por FONATUR, la CONAGUA precisó que se han denunciado descargas ilegales en el sistema lagunar.

Aunado a estos estresores antrópicos, que inciden directamente en la condición ambiental del SLN, están los eventos hidrometeorológicos, como tormentas y huracanes, que frecuentemente afectan este cuerpo de agua y que su efecto se ve magnificado por el propio deterioro de ecosistemas aledaños como son el manglar, la duna costera y la propia playa.

En este sentido, el Cambio Climático es una amenaza latente que se va manifestado principalmente en el incremento del nivel medio del mar. Finalmente, el estudio de la CONAGUA (2012) reconoce que, aunque hay una problemática ambiental generalizada, se pudieron identificar por lo menos dos zonas diferenciadas en cuanto al estado de conservación del sistema lagunar. El lado oriental del SLN presenta una mayor conservación, donde el ANP mantiene los esfuerzos de conservación del manglar. El lado occidente está bordeado por la zona hotelera, en constante presión de urbanización y fragmentado por las vías de comunicación. Aunque la zona de humedales inicialmente se encontraba interconectada como un continuo, se ha visto diferenciada por la urbanización. Una de las prioridades del ANP es limitar el crecimiento urbano sobre el humedal y evitar una mayor fragmentación del ecosistema.

Bajo este contexto, y de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se realizó un análisis para evaluar el estado de conservación de los ambientes que se reconocieron para este ecosistema. Este análisis se basa en la evaluación de dos aspectos fundamentales: su estructura y su funcionamiento. Cada uno de estos, compuesto por tres indicadores relevantes para determinar la calidad ambiental del ecosistema. En el caso de la estructura del ecosistema, se consideran aspectos que evalúan tanto la estructura física como biológica, siendo indicadores relevantes de la heterogeneidad ambiental, en términos de qué tan diverso es el ecosistema en cuanto a la formación de hábitats y refugios para una gran variedad de especies; la fragilidad ambiental, que alude al grado de deterioro que puede sufrir un ambiente ante posibles cambios; y la propia estructura comunitaria su importancia en términos de la importancia biológica o económica de las especies presentes, como pudiera ser la presencia de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, o de recursos pesqueros.

Por otro lado, es importante evaluar la función del ecosistema en términos del mantenimiento de ciertos procesos relevantes como pueden ser el reclutamiento, la conexión con otros ecosistemas, o eventos únicos en la zona; la diversidad biológica existente en relación con los flujos de energía que se establecen entre especies; y finalmente el estado de conservación que guarda un ambiente como signo del funcionamiento del ecosistema y de los procesos que lo mantienen.

De este modo, a continuación, se presenta un resumen de los indicadores que se consideraron para el análisis que se llevó a cabo en este diagnóstico ambiental, y una descripción de la relevancia que cada uno tiene (**Tabla 4.29**).

Tabla 4.29. Indicadores para el diagnóstico ambiental de la Cuenca Norte del SLN. Se presenta el nivel de análisis al que corresponde cada indicador, así como la relevancia que tiene para el análisis.

Nivel de análisis	Indicador	Relevancia para el análisis
Estructura del ecosistema	Heterogeneidad ambiental	Se relaciona directamente con la formación de hábitats y refugios para una gran variedad de especies, siendo importante mantener y proteger los ambientes con mayor heterogeneidad ambiental en donde se establecen flujos energéticos y de productividad más complejos
	Fragilidad ambiental	La estimación de niveles de fragilidad ayuda a reconocer riesgos de generar cambios o degradación de las variables ambientales y orienta sobre el grado de cuidado que se deberá tener para el manejo de los recursos bióticos. Se considera que sitios con alta fragilidad ambiental deberán ser atendidos con mayor nivel de protección para prevenir una posible afectación
	Importancia biológica y/o económica	Es importante mantener aquellos ambientes que revistan alguna importancia biológica, como puede ser la presencia de especies protegidas por la legislación ambiental, o económica como pueden ser los recursos pesqueros
Funcionalidad del ecosistema	Procesos ecológicos relevantes	Es importante identificar aquellos sitios en donde se llevan procesos ecológicos importantes tales como el reclutamiento de especies, la transición e interconexión con otros ecosistemas, o procesos activos de sucesión o maduración de ambientes para protegerlos de posibles alteraciones
	Diversidad biológica	Los ambientes con mayor diversidad biológica generalmente mantienen flujos de energía más complejos y requieren de mayor protección y conservación
	Estado de conservación	Es un indicador de la funcionalidad del ecosistema, y a través del detrimento de los organismos se evidencia un desequilibrio de los mecanismos de

Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Posteriormente, a partir de estos indicadores de la estructura y funcionalidad del ecosistema se llevó a cabo un análisis cualitativo para evaluar la condición particular que guarda cada ambiente en el SLN, asignando un valor a cada uno de estos seis atributos para cada uno de los tipos de ambientes descritos en este estudio. Para esta evaluación se utilizó la siguiente escala de valores (Tabla 4.30):

Tabla 4.30. Categorías empleadas para la evaluación de indicadores y atributos relacionados con la estructura y funcionalidad de los ambientes presentes en la Cuenca Norte del SLN.

Categoría	Nombre	Definición
A	Alto	El indicador y los parámetros relacionados representan una alta importancia o relevancia para un ambiente en particular
M	Medio	El indicador y los parámetros relacionados revisten importancia o relevancia moderada para un ambiente en particular.
B	Bajo	El indicador y los parámetros relacionados carecen de importancia o relevancia para el ambiente en cuestión.

Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

Como resultado de la aplicación de este método de valoración se generó una matriz en donde se evalúa el grado de relevancia que tiene cada uno de los atributos de estructura y funcionalidad para cada ambiente en particular (**Tabla 4.31**).

Tabla 4.31. Matriz de evaluación de los indicadores de estructura y funcionalidad de los diferentes ambientes presentes en la Cuenca Norte del SLN.

Ambiente	Abr.	Estructura			Funcionalidad		
		Heterogeneidad ambiental	Fragilidad ambiental	Importancia biológica	Procesos ecológicos	Diversidad biológica	Estado de Conservación
Arenal	Ar	B	B	B	B	B	B
Fango	Fa	B	B	B	B	B	B
Fango dragado	Fa-d	B	B	B	B	B	B
Pastizal de <i>Halodule wrightii</i>	PHw	M	M	M	M	M	A
Pastizal mixto	Pmix	A	M	M	M	A	A
Praderas de <i>Thalassia testudinum</i>	PTt	M	A	A	A	M	A
Parches de <i>Thalassia testudinum</i>	Ttp	M	A	A	M	M	M

Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

Zonificación de uso

A partir de los resultados de la **Tabla 4.31**, se hizo un análisis que resulta en una zonificación potencial de áreas que podría ser evaluada por la autoridad para complementar las acciones de uso del SLN y el APFFMN (**Tabla 4.32**) y que requieren la participación de otros usuarios, tal es el caso de los que proveen servicios náuticos y recreativos.

Tabla 4.32. Tipos de uso que pueden ser asignados para la Cuenca Norte del SLN, en relación con los criterios ambientales que los definen, y la vocación de uso asignada

Categoría de uso	Nivel	Criterios ambientales	Vocación de uso
Restricción	Estricta	La mayoría de las características tienen una categoría ALTA para evaluar los indicadores y atributos relacionados con la estructura y funcionalidad de los ambientes	Nula
	Controlada	Al menos 2 características tienen una categoría ALTA para evaluar los indicadores y atributos relacionados con la estructura y funcionalidad de los ambientes	Conservación y educación ambiental

Uso	Moderado	La mayoría de las características tienen una categoría considerada BAJA o MODERADA; y la importancia biológica y de los procesos ecológicos relevantes NO tienen una categoría ALTA.	Ecoturismo y Turismo de aventura
	Alto	Todas las características tienen una categoría considerada como BAJA para evaluar los indicadores y atributos relacionados con la estructura y funcionalidad de los ambientes	Desarrollo de infraestructura para servicios

Fuente: (Informe de biota acuática, 2021)

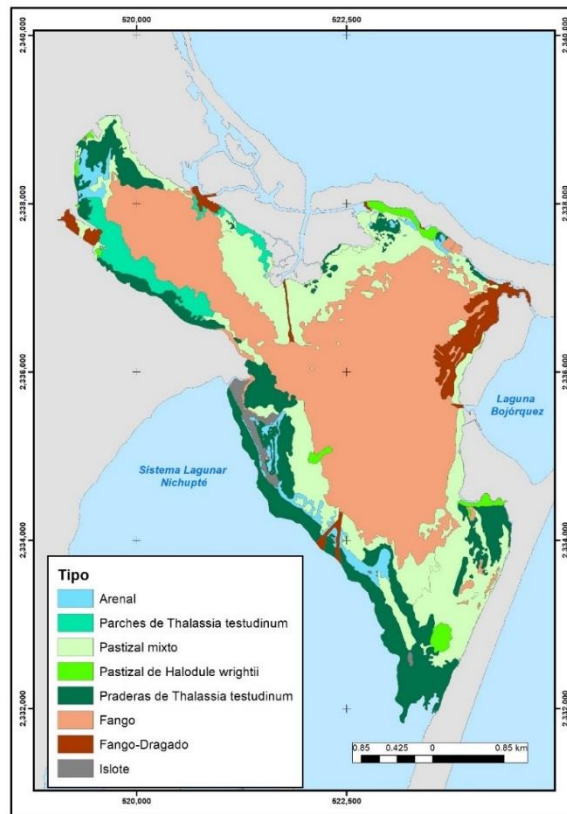
A partir de los resultados de las tablas **Tabla 4.31** y **Tabla 4.32**, se presenta una propuesta de zonificación, que en este caso aplica para la cuenca norte, sin embargo, es una propuesta que puede ser evaluada por la autoridad para complementar acciones de uso aplicables a todo el SLN y APFFMN (**Tabla 4.33**). En la (**Figura 4.170**), se presenta esta zonificación.

Tabla 4.33. Matriz de asignación de usos por ambiente para la Cuenca Norte del SLN.

Ambiente	Abr.	Estructura			Funcionalidad			Categoría de uso
		Heterogeneidad ambiental	Fragilidad ambiental	Importancia biológica	Procesos ecológicos relevantes	Diversidad biológica	Estado de Conservación	
Arenal	Ar	B	B	B	B	B	B	Uso alto
Fango	Fa	B	B	B	B	B	B	Uso alto
Fango dragado	Fa-d	B	B	B	B	B	B	Uso alto
Pastizal de <i>Halodule wrightii</i>	PHw	M	M	M	M	M	A	Uso moderado
Pastizal mixto	Pmix	A	M	M	M	A	A	Restricción controlada
Praderas de <i>Thalassia testudinum</i>	PTt	M	A	A	A	M	A	Restricción estricta
Parches de <i>Thalassia testudinum</i>	Ttp	M	A	A	M	M	M	Restricción controlada

Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

Figura 4.170. Mapa de Zonificación de categoría de usos para la Cuenca Norte del SLN.



Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

4.3.2.3 Caracterización de pastos marinos

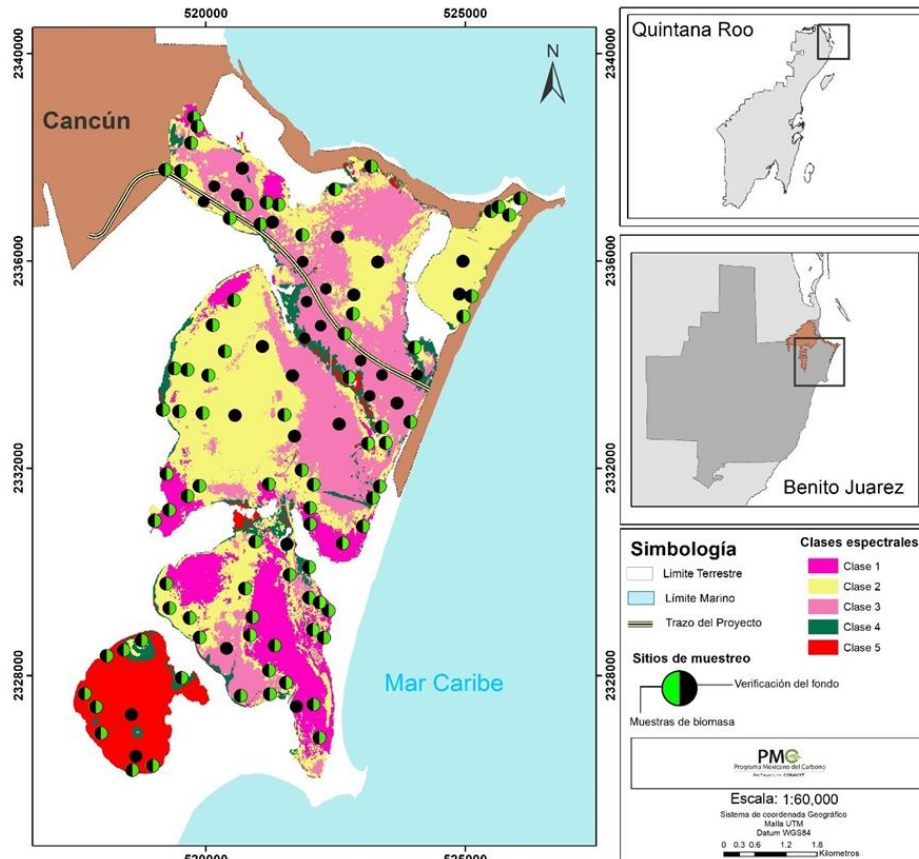
En el presente estudio se presentan resultados del diagnóstico de las praderas de pastos marinos en el Sistema Lagunar Nichupté (SLN) que se realizó con el objetivo de diagnosticar el estado de conservación de dicho ecosistema, considerando el área de impacto del proyecto “Puente Nichupté”.

El diagnóstico de la condición ecológica consideró la evaluación de las características ambientales de la columna de agua y sedimentos que permiten el asentamiento y desarrollo de las praderas; así como características morfométricas, distribución, y extensión dentro del SLN, adicionándole algunos elementos a nivel paisaje y haciendo especial énfasis en las zonas por donde el trazo del proyecto tiene posibilidades de impactar a este ecosistema.

En la porción lagunar, el SLN se encuentra fuertemente influenciado por los diferentes aportes y la circulación del agua que circunda el APFFMN; en la parte norte está el canal conocido como “Caleta” y en la parte sur conocida como “Caleta Nizuc”. De igual manera, la constricción observada a lo largo del SLN ha favorecido la formación de bajos o zonas poco profundas de <0.5 m. Basándose en las características geomorfológicas del SLN y

de la profundidad (Stumpf et al., 2003) y valores de profundidad obtenidos “in situ”, se agruparon los tipos de fondo del SLN y se obtuvieron 70 estaciones con información biológica repartidas de forma balanceada entre las clases de cobertura en cada una de las 6 zonas del área de estudio (**Figura 4.172**).

Figura 4.172. Clases espectrales del fondo lagunar Nichupté-Bojórquez determinadas de manera no supervisada para la obtención de las unidades de muestreo. Zona Bojórquez (ZB), Zona Norte (ZN), Zona Tajamar (ZT), Zona Central (ZC), Zona Sur (ZS) y Zona Río Inglés (ZR).



Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021).

4.3.2.3.1 Descripción de las condiciones ambientales en el SLN determinantes para pastos marinos

Descripción de las variables ambientales de la columna de agua en el SLN

Como ya se mencionó, el sistema lagunar Nichupté (SLN) se conforma por cinco cuerpos de agua interconectados por canales que en su conjunto representan una extensión de 4,700 ha. La profundidad promedio en el sistema fue de 2.0 ± 0.7 m con mayor profundidad en las Zonas Norte y Sur con 2.4 ± 0.8 m y 2.1 ± 0.4 m respectivamente. La zona más

somera (0.9 ± 0.2 m) fue la de Río Ingles. Especialmente, las porciones centrales de las zonas Norte, Tajamar y Central son las más profundas (> 2.2 m) disminuyendo hacia los bordes, donde la profundidad no es mayor a 1.5 m. Para el caso de la Zona Sur, las porciones someras y profundas se distribuyen de forma heterogénea. La Zona de Río Ingles únicamente presenta dos regiones profundas (> 2.2 m) asociada a aportes de agua subterránea (“ojos de agua”, siendo el resto menor a 1 m de profundidad).

De acuerdo con el trazo del proyecto, las profundidades variaron desde zonas principalmente someras en Tajamar (<1.5 m) a zonas de mayor profundidad (>2.5 m) en la zona Norte.

Morfológicamente el SLN lo conforman cuerpos de agua interconectados por canales con comunicación al mar en la porción norte y sur. Esta comunicación (laguna-océano) junto con factores adicionales como el viento, mareas, transporte de sedimentos y flujos de agua dulce; determinan la distribución de la salinidad, temperatura y turbidez en el SLN. En este sentido, el valor promedio de la salinidad en el SLN fue de 30.1 ± 5.7 ups. La zona con los valores de salinidad más altos fue la Zona Sur con 33.3 ± 7.6 ups, seguido de la Zona Bojórquez donde los valores de salinidad fueron más homogéneos oscilando entre 30 y 34.4 ups. La Zona de Río Ingles presentó en promedio los valores más bajos de salinidad (< 27.7 ups) de todo el SLN. La presencia de “ojos de agua” en áreas internas de la laguna podrían explicar los valores mínimos observados (< 12 ups). Las zonas de Tajamar y Zona Norte los valores promedio de la salinidad oscilaron entre 25.7 a 29.3 ups respectivamente.

La temperatura en el SLN osciló entre 19 y 34 °C con promedio de 30.9 ± 2.7 °C. Las Zonas Norte, Tajamar y Zona Río Ingles presentaron valores por debajo de este promedio. La Zona Bojórquez presentó la temperatura del agua más alta; con promedio de 32.1 ± 1.7 °C y un máximo de 34.3 °C. Para el resto de las zonas (Central y Sur) la temperatura del agua osciló alrededor del promedio del sistema con incremento entre los canales.

La profundidad y la hidrodinámica dominante en cada una de las zonas pueden llegar a tener influencia en las variaciones de temperatura y salinidad en el SLN. La baja circulación del agua sobre una menor columna de agua podría incrementar los procesos de evaporación, resultando en incremento de la salinidad en la Zona Bojórquez y de la temperatura en canal de comunicación entre las Zonas Central y Sur. Así mismo, los altos valores de salinidad sugieren un prolongado tiempo de residencia del agua para Bojórquez (360 a 800 días) (Herrera-Silveira, 2006). Los canales que conectan las zonas de Tajamar

y Zona Norte son importantes para la circulación y recambio del agua, presentando escasa variación de la temperatura y salinidad del agua en Tajamar (25.7 ± 2.8 °C y 30.2 ± 0.2 ups) y mayor en la Zona Norte (29.3 ± 2.1 °C y 30.1 ± 4.8 ups); la construcción del puente de acuerdo con el trazo del proyecto debe considerar como medida de mitigación mantener e incluso desde la perspectiva de ingeniería ecológica mejorar esta circulación.

Por otra parte, la luz es un factor de suma importancia para el desarrollo de los productores primarios. En el medio acuático, la luz se difracta de manera exponencial con la profundidad; adicionalmente, las partículas suspendidas en el medio, dispersan aún más la incidencia de luz que puede llegar al fondo, donde los pastos marinos habitan. Los requerimientos mínimos de luz para el desarrollo de pastos marinos según Duarte (1991) es del 12% y para macroalgas del 1%, sin embargo, una larga exposición (1.3 años) con un % de luz incidente apenas superiores al mínimo requerido (14%) es suficiente para la muerte del tejido foliar de pastos marinos (Lee y Dunton, 1997).

En la **Tabla 4.34**, se presentan los resultados de las variables evaluadas. Los detalles de cada uno se pueden consultar en el Anexo 4.9.

Tabla 4.34. Valores medios de las variables fisicoquímicas de la columna de agua en el SLNB. Coeficiente atenuación difusa (Kd) calculado a partir de la fórmula propuesta por Kirk (1983). \pm DS.

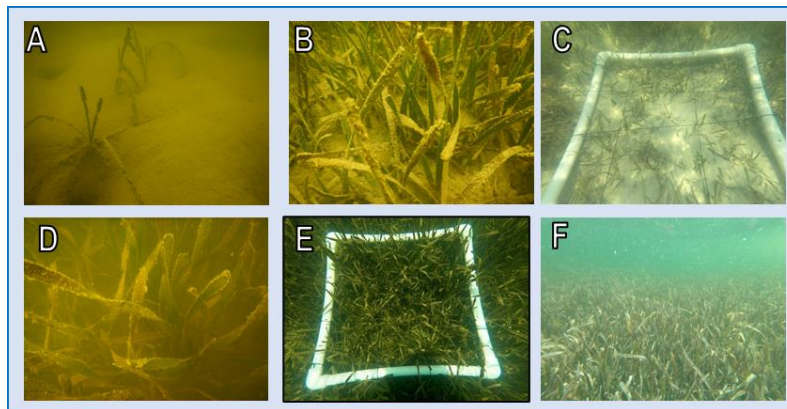
Zonas	Profundidad (m)	Salinidad (ups)	Temperatura (°C)	Kd (m^{-1})	Luz incidente (%)	Materia Orgánica (%)
Zona Bojórquez	1.2 ± 0.4	31.5 ± 1.5	32.1 ± 1.7	1.4 ± 0.6	22.3 ± 7.3	8.4 ± 6.7
Zona Norte	2.4 ± 0.8	29.3 ± 2.1	30.1 ± 4.8	0.7 ± 0.2	23.7 ± 16.2	7.9 ± 1.9
Zona Tajamar	2.0 ± 0.4	25.7 ± 2.8	30.2 ± 0.2	0.7 ± 0.4	25.3 ± 9.1	11.1 ± 4.1
Zona Central	2.2 ± 0.4	31.4 ± 5.3	31.6 ± 0.7	0.6 ± 0.1	27.7 ± 3.6	9.5 ± 5.2
Zona Sur	2.1 ± 0.4	33.3 ± 7.6	31.1 ± 0.7	0.6 ± 0.1	26.9 ± 5.1	8.0 ± 3.2
Zona Río Ingles	0.9 ± 0.2	27.6 ± 11.6	30.6 ± 0.8	1.5 ± 0.5	27.1 ± 10.4	7.6 ± 1.2
SLN	2.0 ± 0.7	30.1 ± 5.7	30.9 ± 2.8	0.8 ± 0.4	25.4 ± 10.4	8.8 ± 3.7

Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021).

4.3.2.3.2 Cobertura de pastos marinos

La cobertura es una estimación rápida de la porción emergida de pastos marinos en términos de porcentaje. Las praderas de pastos marinos en SLNB fueron multiespecíficas de *Thalassia testudinum* (Tt), *Halodule wrightii* (Hw) y *Ruppia mexicana* (Rm), dominadas por Tt, siendo esta especie la de mayor presencia en el sistema lagunar (**Figura 4.173, Tabla 4.35**). El porcentaje de cobertura varió a lo largo del SLNB con diferencias significativas entre las zonas Bojórquez y Río Ingles ($H=13.67$, $p0.017$). En promedio la cobertura de las praderas de pastos marinos en el sistema lagunar fue de $39.8 \pm 26.9\%$ presentando dos picos máximos, el primero en Bojórquez ($58.7 \pm 28.6\%$,) y el segundo para Zona Sur ($52.11 \pm 25.3\%$).

Figura 4.173. Ejemplificación de fondos dominados por *Thalassia testudinum* (Tt) en cinco zonas del SLNB. A) Cobertura de Tt en Zona Bojórquez. B) Cobertura de Tt en Zona Central. C) Cobertura de Tt en Zona Norte. D) Cobertura de Tt en Zona Tajamar. E) y F) Cobertura de Tt en Zona Sur.



Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021), tomada de Mendoza, 2021).

Tabla 4.35. Variables morfométricas de los tipos de praderas dominantes en el SLNB \pm desviación estándar. IAF: Índice de área foliar; MC: Macroalgas; Hw: *Halodule wrightii*; Rmx: *Ruppia mexicana*; Tt *Thalassia testudinum*.

Zona	Especie	Extensión de PM (ha)	Cobertura (%)	IAF	Densidad Haz m ⁻²	Bimasa aérea g m ²	Biomasa subterránea g m ²	Cociente Ba/Bs	Biomasa Mc g m ²
Zona Bojórquez	Tt Hw - Rm x Hw	230	58 ± 28.6	4 ± 0.2	219.2 ± 22.8	257.1 ± 88.5	95.6 ± 43.9	2.8 ± 0.6	0
Zona Norte	Tt	1163 .9	34 ± 23.8	3.3 ± 2.5	597.5 ± 303.3	106.1 ± 97.3	411.3 ± 362.1	0.3 ± 0.3	57.7 ± 145.3
Zona Tajamar	Tt	252. 9	34 ± 19.7	3.4 ± 2.8	687.4 ± 397.3	121.6 ± 86.2	447.2 ± 309.1	0.4 ± 0.3	74.7 ± 193.9
Zona Central	Tt Tt- Hw	1043 .6	39.9 ± 30.1	3.5 ± 4.2	589.1 ± 260.6	118.9 ± 132.4	280.8 ± 209.1	0.9 ± 1.9	29.1 ± 55.7
Zona Sur	Tt	842. 8	52.1 ± 25.3	1.9 ± 1.7	1018.6 ± 835.7	136.5 ± 96.7	390.4 ± 218.5	0.3 ± 0.1	64.3 ± 164.5
Zona Río Ingles	Tt- Hw	409. 5	17.8 ± 16.8	1.6 ± 1.5	529 ± 287.4	110.9 ± 154.8	436.7 ± 342.1	0.2 ± 0.1	0.9 ± 1.9

Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021).

4.3.2.3.3 Descripción de la distribución de zonas con pastos marinos en el SLN

Como resultado del análisis de imágenes se identificaron áreas con diferentes coberturas y áreas desprovistas de vegetación (arena o rocas) y con base a los resultados estructurales de los pastos marinos, espacialmente en el SLNB se definen dentro de cinco tipos de fondo: 1) Fondo con suelo desnudo desprovisto de vegetación (SD); 2) fondo semidesnudo con individuos aislados de Tt en coberturas ralas <5% (PACR); 3) fondos de pastos marinos en bajas coberturas (PMB); 4) fondos dominados por pastos marinos con coberturas medias (PMM) y 5) fondos de pastos marinos en coberturas altas (PMA). La distribución de los tipos

de fondo (**Figura 4.174**) define la configuración espacial del paisaje de pastos marinos de cada una de las zonas del SLN con una exactitud final del 82% según el valor de Kappa.

La zona cubierta por pastos marinos dentro de las seis zonas que conforman el sistema lagunar fue de 3,943 ha conformadas por 674 parches de pastos marinos. El paisaje más extendido (853.3 ha) dentro del sistema fue el de pastos en muy bajas coberturas (<5%) y se distribuyó principalmente hacia la zona más profunda (2.6 m) del sistema lagunar, dentro de la Zona Bojórquez, Central y Tajamar. Sobre esta última zona, la configuración a nivel de paisaje muestra mayor presencia de parches pequeños en baja y mediana cobertura (94.8 ha en 71 parches) respecto a los demás paisajes de pastos marinos de la zona, donde el tamaño de parche es considerablemente mayor (149.7 ha).

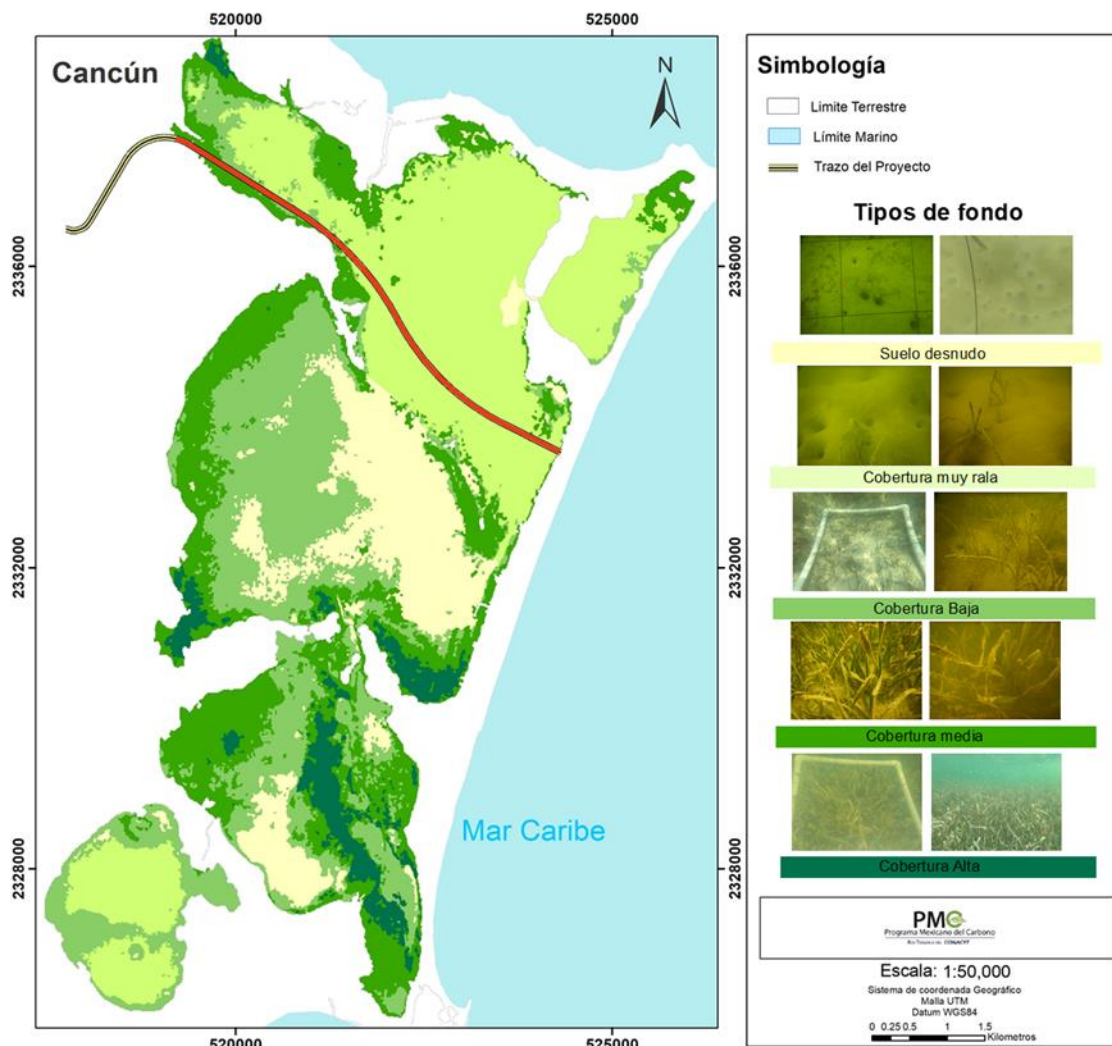
En la zona Río Inglés se registraron pequeños parches remanentes y aislados que representan alrededor de 190 ha. Estos se encontraron sobre la parte más somera de la laguna (<0.5 m) y en la periferia del cuerpo de agua en manera de parches ralos de coberturas bajas (<25%) hasta medianas (26–75%) (**Figura 4.174**).

La zona con mayor presencia de pastos marinos y que intercepta al trazo del proyecto fue Tajamar, al no contar con zonas desprovistas de vegetación, sin embargo, el 59.2% de esta extensión tuvo coberturas muy bajas (<5%), quedando relegadas las mayores coberturas hacia los bordes de dicha Zona. Por otra parte, hacia la Zona Norte se registró la presencia de una zona de pastos marinos densos (>75%) con 13 parches que significan 83.2 ha (**Tabla 4.36**) Sin embargo, estos parches se encuentran dispersos sobre el borde del cuerpo de agua y lejos del trazo proyectado del puente; con excepción de pequeños parches de mediana cobertura localizados en la porción final del trazo. Para la Zona Sur las coberturas medias y altas representan importantes extensiones (435.29 ha) de pastos marinos con densidades altas y relativamente en buen estado (**Figura 4.174**).

Un aporte adecuado de nutrientes aunado a una buena penetración de luz a la columna de agua son algunos de los factores responsables de la prevalencia de pastos marinos de manera vigorosa y extensa, por lo tanto, las condiciones ambientales de la Zona Sur, donde la transparencia de la columna de agua fue mayor ($26.27 \pm 5.07\%$ de incidencia de luz), las coberturas medias (25 a 75%) de pastos marinos conformaron el paisaje de mayor extensión (407.53 ha).

Figura 4.174. Distribución de praderas de pastos marinos dentro del SLNB. A) Fondo lagunar sin presencia de pastos marinos. B) Fondo con pastos marinos aislados en coberturas <1%. C) Praderas de coberturas bajas. D) Praderas de coberturas medias. E) Praderas de coberturas altas (D). Zona I

(Bojórquez), Zona II (Zona Norte), Zona IIa (Tajamar), Zona III (Zona Central), Zona IV (Zona Sur) y Zona V (Río Inglés).



Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021)

Tabla 4.36. Extensión (ha) y número de parches de los 5 tipos de fondo determinados mediante clasificación supervisada en las 6 zonas evaluadas del SLNB.

Zonas	Tipos de fondos dominados por pastos marinos	Extensión (ha)	Número de parches
Bojórquez	Fondo con suelo desnudo desprovisto de vegetación (SD)	0.52	2
	Fondo semidesnudo con individuos aislados de Tt en coberturas ralas <5% (PACR)	180.95	1
	Fondos de pastos marinos en bajas coberturas (PMB)	19.92	5
	Fondo de pastos marinos de mediana cobertura (PMM)	29.17	4

Zonas	Tipos de fondos dominados por pastos marinos	Extensión (ha)	Número de parches
	Fondo de pastos marinos de alta cobertura (PMA)	0	0
Zona Norte	Fondo con suelo desnudo desprovisto de vegetación (SD)	26.73	21
	fondo semidesnudo con individuos aislados de Tt en coberturas ralas <5% (PACR)	853.31	1
	Fondos de pastos marinos en bajas coberturas (PMB)	33.64	86
	Fondo de pastos marinos de mediana cobertura (PMM)	277.02	57
	Fondo de pastos marinos de alta cobertura (PMA)	0	0
Zona Tajamar	Fondo con suelo desnudo desprovisto de vegetación (SD)	0.72	8
	fondo semidesnudo con individuos aislados de Tt en coberturas ralas <5% (PACR)	149.79	2
	Fondos de pastos marinos en bajas coberturas (PMB)	73.86	49
	Fondo de pastos marinos de mediana cobertura (PMM)	21.03	22
	Fondo de pastos marinos de alta cobertura (PMA)	8.23	3
Zona Central	Fondo con suelo desnudo desprovisto de vegetación (SD)	484.69	57
	fondo semidesnudo con individuos aislados de Tt en coberturas ralas <5% (PACR)	0	0
	Fondos de pastos marinos en bajas coberturas (PMB)	606.25	121
	Fondo de pastos marinos de mediana cobertura (PMM)	354.22	64
	Fondo de pastos marinos de alta cobertura (PMA)	83.20	13
Zona Sur	Fondo con suelo desnudo desprovisto de vegetación (SD)	117.33	27
	fondo semidesnudo con individuos aislados de Tt en coberturas ralas <5% (PACR)	0	0
	Fondos de pastos marinos en bajas coberturas (PMB)	300.45	89
	Fondo de pastos marinos de mediana cobertura (PMM)	407.53	95
	Fondo de pastos marinos de alta cobertura (PMA)	134.84	45
Río Ingles	Fondo con suelo desnudo desprovisto de vegetación (SD)	6.17	13
	fondo semidesnudo con individuos aislados de Tt en coberturas ralas <5% (PACR)	219.26	2

Zonas	Tipos de fondos dominados por pastos marinos	Extensión (ha)	Número de parches
	Fondos de pastos marinos en bajas coberturas (PMB)	183.77	8
	Fondo de pastos marinos de mediana cobertura (PMM)	6.52	7
	Fondo de pastos marinos de alta cobertura (PMA)	0	0

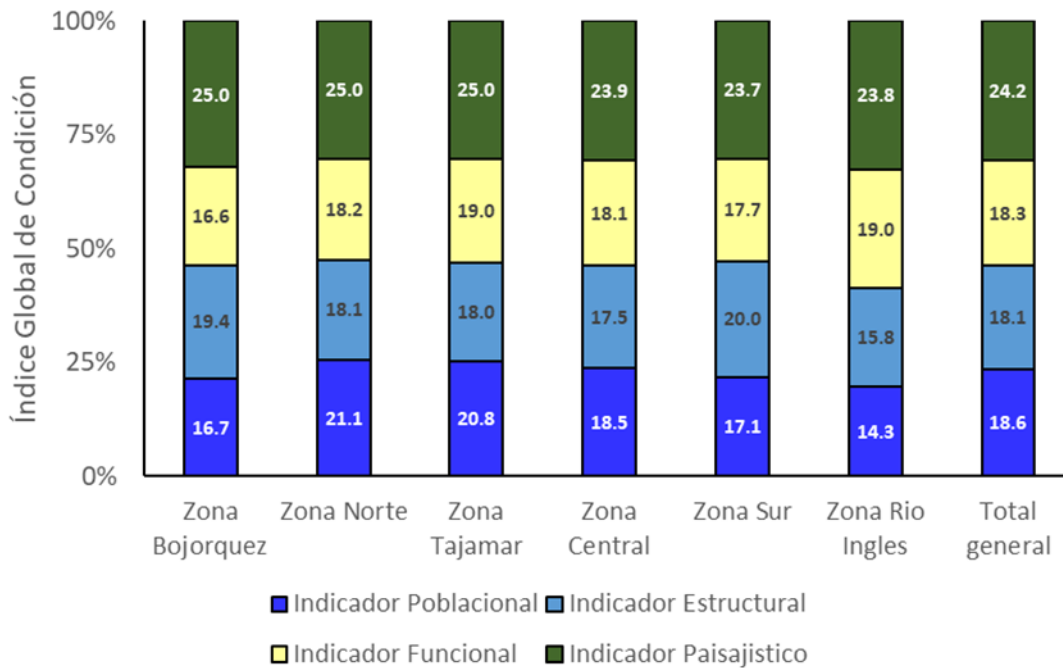
Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021), modificada por GPPA.

4.3.2.3.4 Descripción de la condición ecológica de los pastos marinos en el SLN

La condición ecológica de los pastos marinos evaluada a partir de 4 indicadores se muestra en la **Figura 4.175**. La condición general de las praderas en SLN fue de buena a regular ($79 \pm 8\%$), siendo los indicadores del paisaje (Extensión del paisaje) los mejores evaluados ($>20\%$) y los peores evaluados ($<16\%$) fueron el Estructural (biomasa aérea y subterránea) y poblacional (Densidad de haces). Los valores de cobertura por debajo del 25% y una biomasa tanto aérea como subterránea por debajo de 31 y 12 g m² significan deficiencias estructurales para la planta (tallos delgados con poco follaje foliar). Esta condición se presentó de manera pronunciada en la Zona de Río Ingles y Central, donde los valores acumulados promedio oscilaron entre 15.8 y 17.5 respectivamente (**Figura 4.175**).

Por otra parte, la densidad de haces es un atributo poblacional asociado a condiciones de baja calidad del agua y/o el sustrato. En el SLN, este indicador fue catalogado como bueno ($>20\%$) únicamente en Zona Norte y Tajamar y clasificado como regular para el resto de las zonas del SLN. Las características constructivas del trazo y durante su vida útil debe considerar el mantenimiento de las condiciones poblacionales de la pradera de pastos marinos; sobre todo en la porción inicial y terminal del trazo en las zonas Tajamar y Norte respectivamente.

Figura 4.175. Índice Global de condición adaptado para praderas de pastos marinos del SLNB.



Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021)

La proporción entre la biomasa foliar y enterrada es una medida indirecta de las respuestas de la pradera a la variabilidad ambiental del medio, modificando el patrón morfológico de sus nódulos (Gallegos et al., 1993). Por un lado, el desarrollo clonal les permite colonizar exitosamente el sedimento marino, y el desarrollo foliar el aprovechamiento de nutrientes y procesos relacionados con la columna de agua. Cambios en el tipo y origen del sedimento se ha relacionado con un mayor crecimiento rizoidal (Zieman y Wetzel, 1980), además los cambios en las concentraciones de nutrientes tanto en la columna de agua como del sedimento. Por lo tanto, el indicador funcional de praderas de pastos marinos en el SLN osciló entre 16.6% en Zona Bojórquez y 19% en las zonas Tajamar y Río Ingles con un promedio categorizado como regular (18.3%). Específicamente sobre el trazo del proyecto, este indicador presentó valores bajos de <16% para estaciones localizadas sobre la porción media del trazo, y valores altos categorizados como buena condición funcional en estaciones del inicio y final del trazo (**Figura 4.175**).

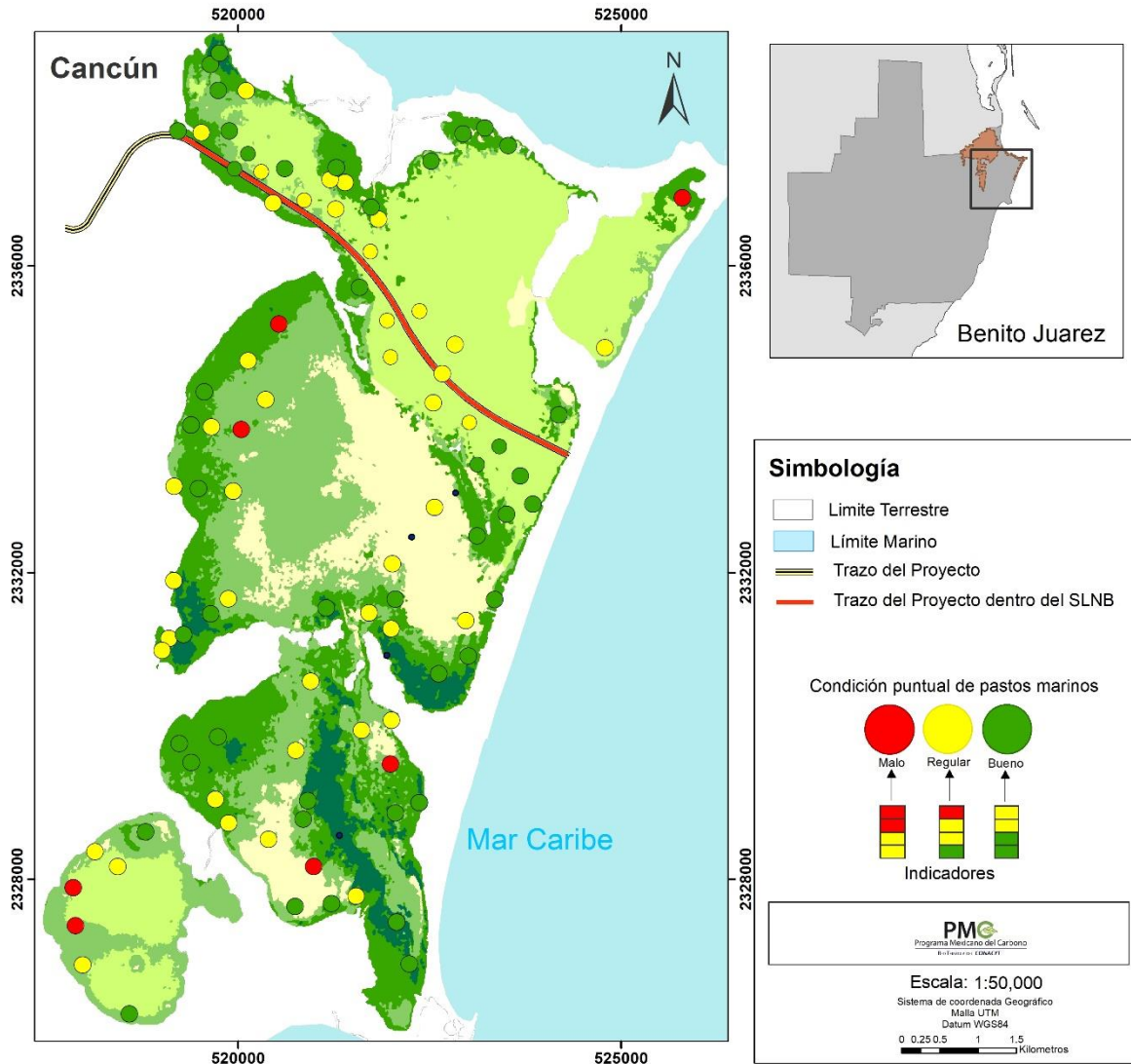
Así mismo, la configuración espacial y extensión de las praderas de pastos marinos del SLN reflejaron una buena condición. Para Bojórquez (ZI), las praderas de pastos marinos muestran una extensión considerable; sin embargo, estas se registraron en densidades muy ralas (<220 haces m²) con pocos y pequeños (<0.8 ha) parches de pastos marinos en densidades medias. Por otra parte, los parches de pastos identificados en la imagen de satélite del Río Inglés muestran poca presencia de praderas dominando el fondo lagunar

de esta zona, localizándose hacia los bordes del cuerpo de agua y entrada de la laguna y en remanentes pequeños de coberturas medias. Estas condiciones permiten clasificar a la zona con una condición de regular a mala.

La evaluación puntual de la condición en cada estación de muestreo evaluada se detalla en la **Figura 4.176**. Puntualmente, se identifican sitios con una condición mala dada principalmente por bajos valores en al menos dos indicadores de los 4 evaluados. Para la zona de Río Ingles y Sur, las bajas densidades de haces de Tt junto con cocientes de biomasa altos pueden ser estrategias de crecimiento ante condiciones de disturbio como fragmentación del paisaje y/o enriquecimiento de nutrientes. Para la zona Central, si bien existe una mayor dominancia de estaciones con una condición regular, estas pueden estar reflejando las condiciones del borde de la pradera y hacia el centro del SLN; donde la profundidad aumenta y disminuye la disponibilidad de luz. De cualquier manera, dos estaciones fueron categorizadas con una mala condición como consecuencia de la disminución de la biomasa de pastos marinos junto con la densidad de haces. La zona de Bojórquez mostró una condición regular dada principalmente por bajas condiciones de luz, altas temperaturas y poca circulación del agua.

Finalmente, las zonas por donde el trazo del proyecto está proyectado, mostraron condiciones de regular a buena (>75%) hacia la porción central en la Zona central y la Zona de Tajamar. Para la porción inicial y terminal del trazo, las condiciones registradas puntualmente sugieren buena condición de las praderas de pastos marinos ahí establecidas.

Figura 4.176. Distribución espacial de la condición de pastos marinos en cada estación muestreo evaluada en el SLN.



Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021) tomada de Mendoza, 2021.

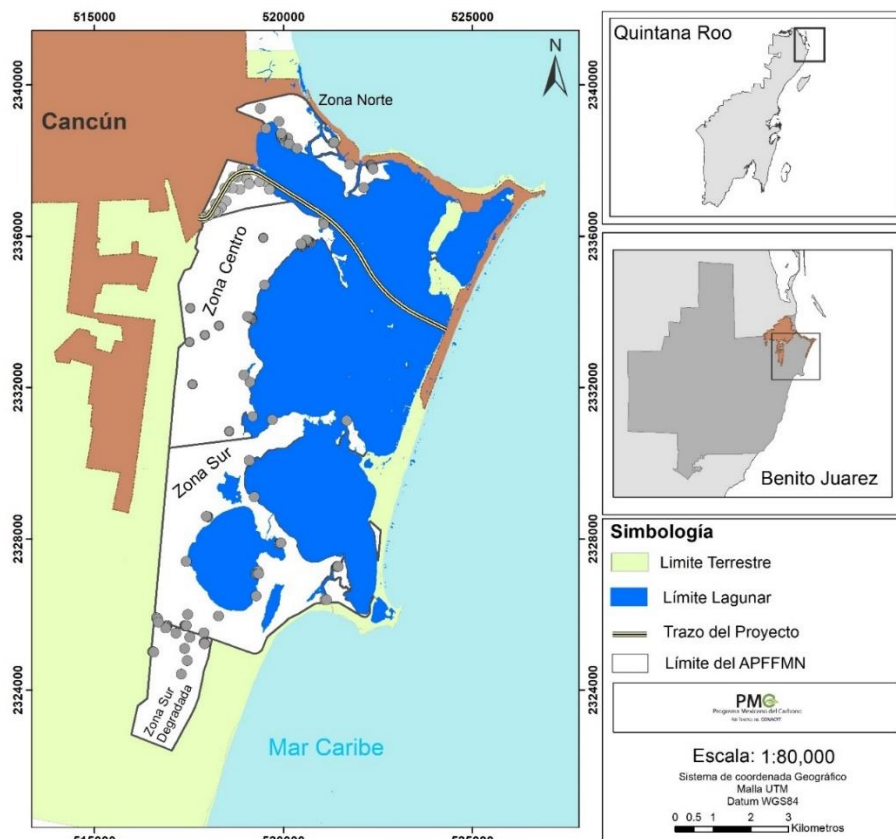
4.3.2.4 Caracterización del manglar en el sistema Lagunar Nichupté

Con el fin de llevar a cabo una caracterización del manglar en el Sistema Lagunar Nichupté (SLN), se realizó una verificación de 113 puntos en campo sobre una extensión de 4,257 ha., así como, se hizo un análisis particular sobre la zona de Influencia Indirecta (ZII) asociada con el Proyecto. Los puntos de verificación fueron obtenidos de manera aleatoria considerando los dos tipos de vegetación dominante; manglar y otros humedales (tular, petenes y relictos de selva baja inundable (CONANP-SEMARNAT, 2014) (**Figura 4.177**). El área de estudio se encuentra inmersa dentro de la ciudad de Cancún, cuya principal actividad económica se encuentra relacionada con el turismo masivo nacional e internacional. La vegetación más notable dentro del SLN son los manglares dominados por

Rhizophora mangle y *Avicennia germinans*. En la porción occidental los manglares se desarrollan sobre la llanura inundable y a medida que se adentran hacia tierra continental son sustituidos por selva inundable.

Dadas las características ambientales del área de estudio, en este proyecto se presentan resultados sobre características estructurales de manglar tomando en cuenta dos escenarios distintos, el primero considerando la variabilidad del tipo ecológico de manglar y la altura del estrato arbóreo de manglar (bajos y medianos), y un segundo escenario considerando la variabilidad espacial típica del SLN (Zonas geográficas). En este sentido, el SLN presenta diferentes áreas inundables como consecuencia de factores naturales o antropogénicos producto de las interacciones hidrológicas entre el mar y el SLNB, y al relieve predominante plano; por lo tanto, se establecieron tres zonas, la Zona Norte, Centro y Sur (**Figura 4.177**). Las condiciones de inundación de la porción más sureña (Zona Sur Degradada) fueron originadas por la obstrucción de los flujos naturales de agua del sistema como consecuencia de la construcción del boulevard Aeropuerto-Zona Hotelera (Herrera-Silveira *et al.*, 2018), por lo que se consideró como una zona más de análisis.

Figura 4.177. Distribución de sitios de muestreo para la caracterización del manglar en el SLN. Delimitación geográfica para el análisis del ecosistema de manglar.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021)

4.3.2.4.1 Análisis de imágenes con fichas de verificación rápida para el SAR del Proyecto

Los manglares del SLN se encuentran distribuidos desde los bordes de la laguna, donde la amplitud de la influencia de la marea es estacional, hasta la parte continental. En el SLN se forman cuencas con influencia de la marea menor e intermitente. Las clases de manglar se determinaron mediante el procesamiento e interpretación de imágenes satelitales y algoritmos de agrupación (los detalles se pueden consultar en el Capítulo 8 de esta MIA-R). La definición de clases de manglar fue hecha con base a los tipos de manglar presentes en Península de Yucatán: franja, cuenca, chaparro y petén (Lugo y Snedaker, 1974). También se consideraron las especies dominantes y herbáceas asociadas. Las especies dominantes en los manglares fueron: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), incluidas en la NOM-SEMARNAT-059, pastizales y selvas inundables.

Caracterización estructural y ambiental de los manglares

La caracterización de la estructura de una comunidad de manglar indica el grado de desarrollo y las condiciones ambientales en las que se encuentra. Las variables estructurales dan como resultado diferentes tipos ecológicos de manglar por zonas, y son explicadas por los diferentes patrones de mareas, descargas de agua dulce (puntual o difusa), vientos, precipitación y los diversos escenarios geomorfológicos de los sistemas costeros (Twilley et al., 1986). Según la clasificación de Lugo y Snedaker (1974) los tipos de manglares presentes en la Península de Yucatán son: franja, cuenca, chaparro y petén (Adame et al., 2015).

Franja: Se localizan a lo largo de la línea de costa o cuerpo de agua, en la rívera de canales y lagunas. Están expuestos al efecto diario de las mareas, no reciben aportes directos de agua dulce, por lo que presentan alta salinidad y el aporte de nutrientes es bajo.

Cuenca: Se presentan en depresiones topográficas por lo que se ubican detrás del manglar tipo franja, solamente se inundan en mareas muy altas, el movimiento del agua es lento, las condiciones reducidas del suelo y alta salinidad son factores importantes que causan menor productividad que los manglares de franja.

Chaparro: Son árboles menores a 3-4 m de altura, con alta densidad de individuos como consecuencia del pobre enriquecimiento de nutrientes en sus sedimentos y/o altas salinidades.

Petén: Se encuentra asociado a cuerpos de agua, conocidos como “ojos de agua” o “manantiales”. Adquiere alturas alrededor de 15 a 30 m, gracias a las elevadas concentraciones de nutrientes, baja salinidad y suelos con una capa gruesa de materia orgánica (Herrera-Silveira et al., 1998).

Para conocer las características del manglar, se establecieron parcelas de verificación y se evaluaron las variables estructurales de la vegetación descritas por Schaeffer-Novelli y Cintrón (1990), como como altura, área basal, densidad de adultos, índice de valor importancia como medida de la dominancia de las especies, reclutamiento y densidad. Para este trabajo se consideraron diferentes estados estructurales (adulto, juvenil y plántula). Se obtuvieron también muestras de agua intersticial para medir la salinidad.

Estado de conservación del ecosistema

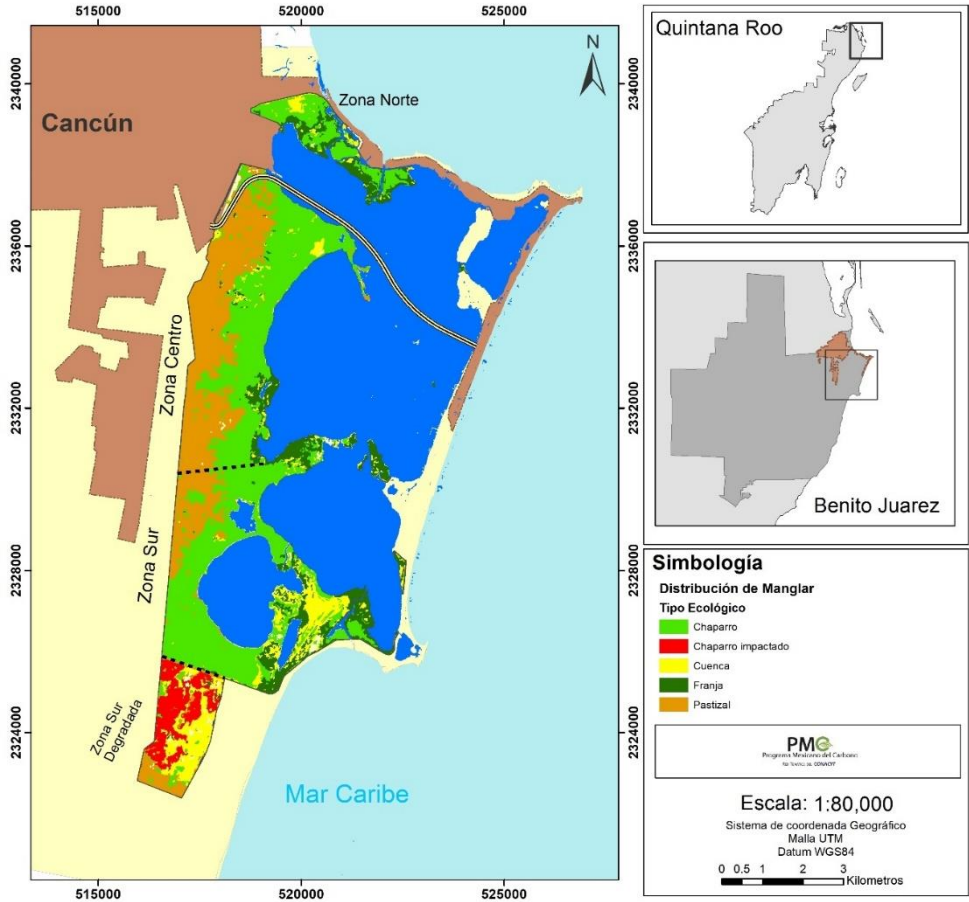
Los manglares del SLN se encuentran distribuidos desde los bordes de la laguna, donde la amplitud de la influencia de la marea es estacional, hasta la parte continental. En el sistema lagunas se forman cuencas donde la influencia de la marea es menor e intermitente. Los resultados permitieron agruparlos en cinco tipos ecológicos distribuidos en cuatro zonas, con una extensión total de 2,697 ha (**Tabla 4.37** y **Figura 4.178**), se resaltan en azul las superficies mayores. Las condiciones ambientales y las variables de estructura arbórea demostraron la dominancia de tres tipos de condición del manglar: conservado, degradado y muerto. En la figura mencionada, se observa en color rojo el área (242 ha) en donde se ha reducido y/o perdido la cobertura de manglar por los diversos impactos que se han presentado en la zona (fenómenos naturales y la prolongación del Blvd. Kukulcan que conecta la zona hotelera con el aeropuerto de la ciudad de Cancún) que ha obstaculizado el flujo hídrico. Los detalles se pueden consultar en el **Anexo 4.10 Caracterización del manglar**.

Tabla 4.37. Tipos de ecológicos de manglar y su extensión en hectáreas dentro del SLN determinados con imágenes Sentinel 2.

Zonas Geográficas	Chaparro	Chaparro impactado	Cuenca	Franja	Pastizal
Centro	770.0	0.0	38.5	62.1	695.2
Degradada	22.3	177.5	144	2.5	75.1
Norte	166.2	0.0	28.6	100.1	0.0
Sur	777.3	0.0	163.5	244.9	183.8
Total	1735.7	177.5	374.7	409.7	954.2

Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

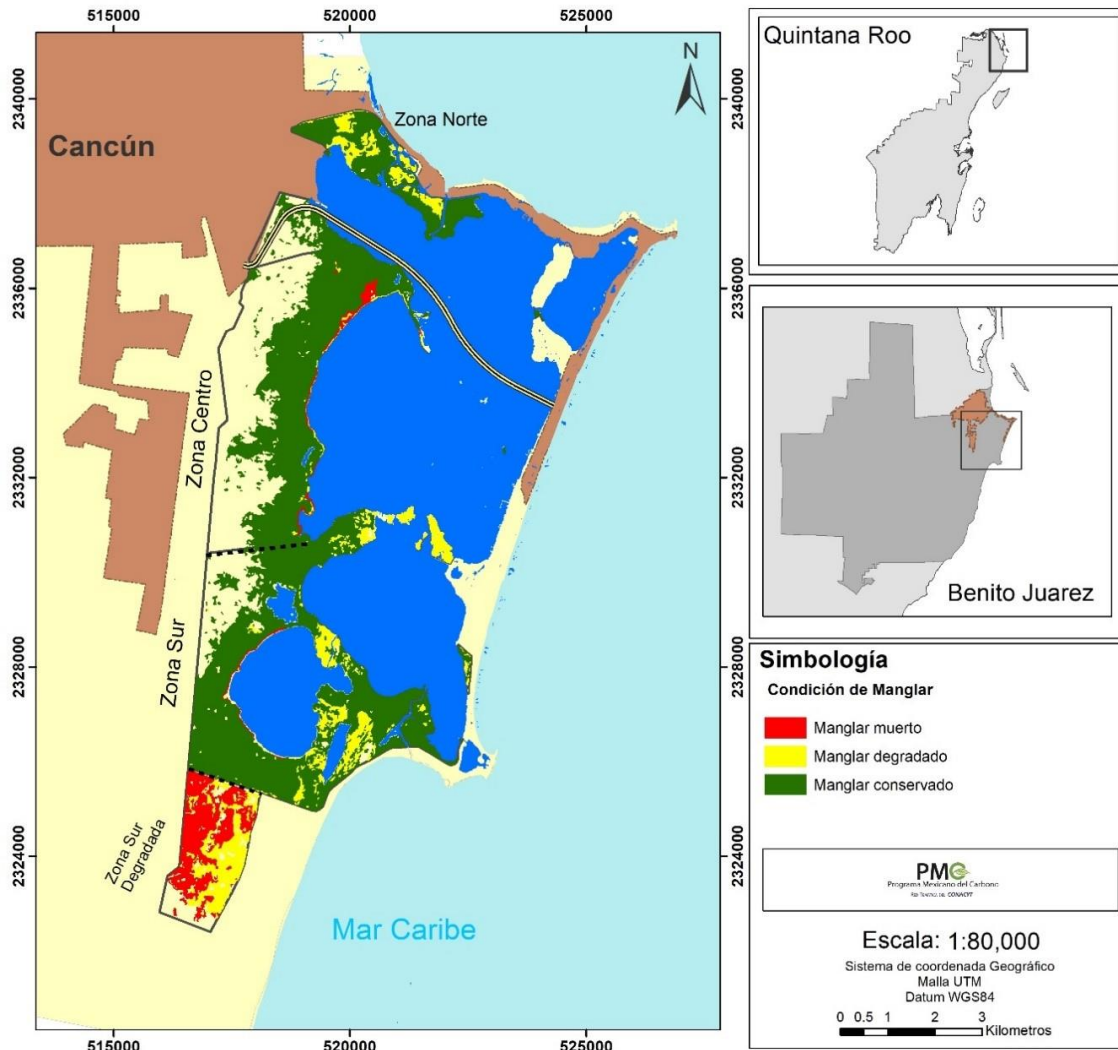
Figura 4.178. Clasificación del manglar en el SLN por condición.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021)

Los manglares del SLN están principalmente representados por el manglar tipo chaparro (1, 736 ha) seguido del manglar tipo Franja y cuenca con 409 ha y 177 ha respectivamente. En el área de influencia donde se desarrollará el proyecto del Puente Nichupté se distribuyen los 3 tipos ecológicos de manglar mejor caracterizados (**Figura 4.179**). Sin embargo, también se observa en algunas zonas del área de influencia zonas con manglar degradado (177 ha) **Figura 4.178**, las cuales podrían ser sitios piloto o con potencial de restauración. Con la modificación del trazo original del Puente Nichupté, la nueva ruta intercepta una menor extensión cubierta por manglar, o se encuentra en asociación con pastizal. A continuación, se describen de manera particular los tipos de manglar identificados en el SLN (**Figura 4.179**).

Figura 4.179. Tipología de los manglares en el SLN.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Manglar matorral “chaparro”: Es la clase dominante en el SLN (48 %), predominando la especie de *R. mangle*, pero con presencia también de *A. germinans*. En proporción, esta clase mostró un mejor estado de conservación sobre las zonas sur centro y norte. Sobre el trazo del proyecto este tipo ecológico es el que menos comprometida tiene su integridad.

Pastizal con manglar: Es la segunda clase más dominante del SLN con una cobertura del 26%. En esta se distribuye un grupo de vegetación con mezcla de pastizales inundables de los géneros *Cyperus sp.* y *Spartina sp.*, asociados con individuos de *R. mangle* y *A. germinans*, en ocasiones con *C. erectus*.

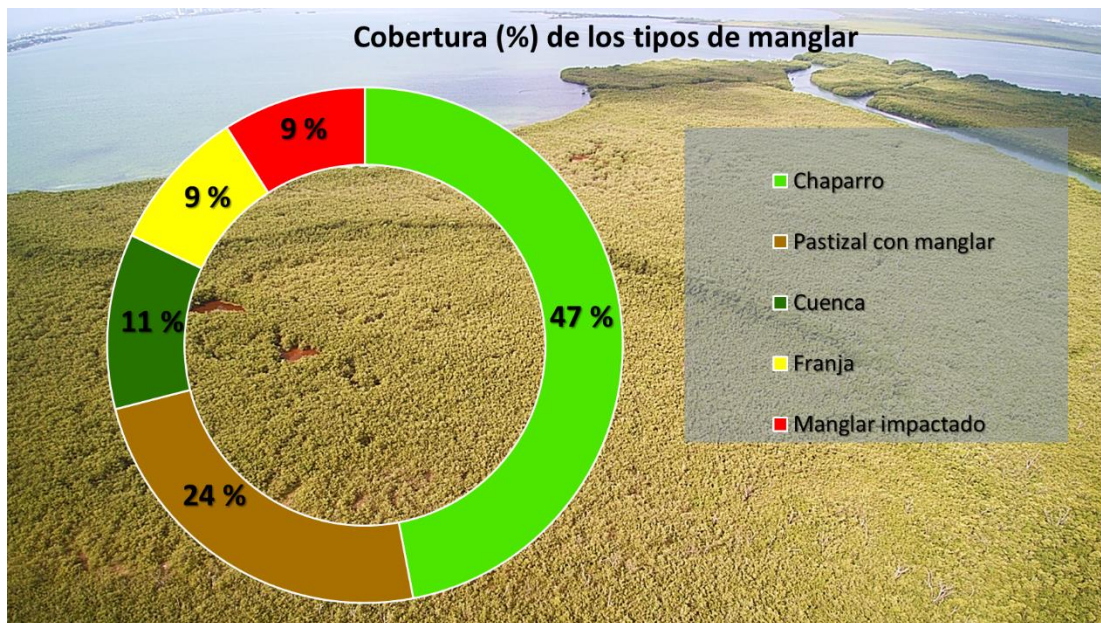
Manglar de cuenca: Es un manglar con alturas que oscilan entre los 2 a 4 m. Este presenta individuos con evidencias de deterioro (10%), por lo que sus densidades son bajas. Se presentan las especies *R. mangle* y *A. germinans*, en ocasiones con *C. erectus*.

Franja: Corresponde a manglar de tipo franja (11% de cobertura) donde domina la especie *R. mangle* con alturas de hasta 6 m.

Chaparro impactado: Son áreas donde se ha perdido un alto porcentaje de la cobertura de manglar vivo y que corresponde aproximadamente al 5 %. Estas áreas están constituidas por especies de *R. mangle* y *A. germinans*.

La proporción del área cubierta por cada tipo de manglar se observa en la **Figura 4.180**.

Figura 4.180. Coberturas de las distintas clases de manglar en el SLN.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021)

Tipos ecológicos de manglar en el Sistema Ambiental Nichupté

Con la caracterización de los distintos estratos de manglar se identificaron tres tipos ecológicos de manglar, por lo tanto, las variables estructurales se evaluaron por tipo ecológico de manglar (**Figura 4.181**).

Figura 4.181. Tipos ecológicos de manglar: A) Manglar Chaparro, B) Manglar de Cuenca y B) Manglar de Franja.



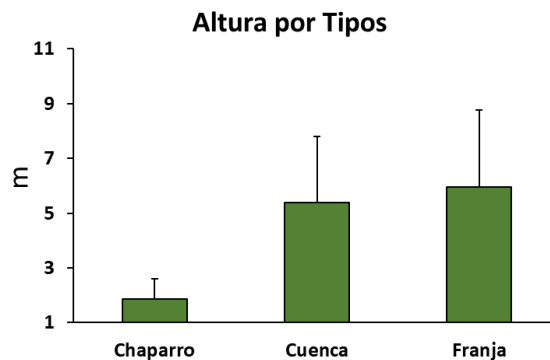
Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Variables estructurales por tipo ecológico

Altura

Las mayores alturas promedio (5.9 ± 2.8 m) se registraron en el manglar tipo Franja, seguido del manglar de Cuenca con 5.4 ± 2.4 m, y los de menor tamaño fue el manglar tipo Chaparro (1.9 ± 0.75 m) (**Figura 4.182**). No se omite mencionar que especialmente el manglar Chaparro es el de mayor distribución en toda el área protegida y el de menor extensión el manglar de Franja.

Figura 4.182. Altura de diferentes tipos ecológicos de manglar en el SLN. Valores promedio \pm DE.

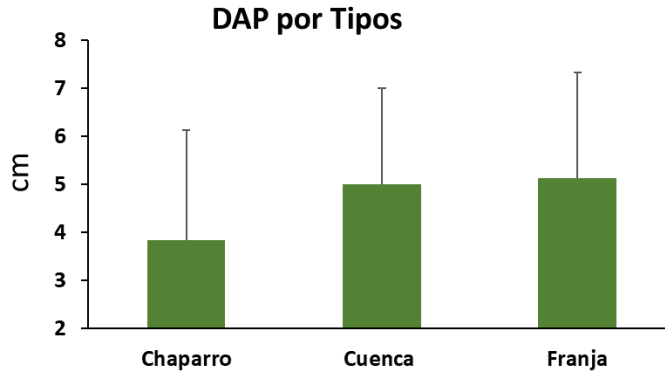


Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Diámetro (DAP)

Los individuos con los mayores diámetros se presentaron en el manglar de tipo Franja con un DAP promedio de 6.4 ± 2.4 cm, mientras que en el manglar de tipo Chaparro se registraron individuos con diámetros menores de 3.1 cm (**Figura 4.183**).

Figura 4.183. DAP de diferentes tipos ecológicos de manglar en el SLN. Valores promedio \pm DE.

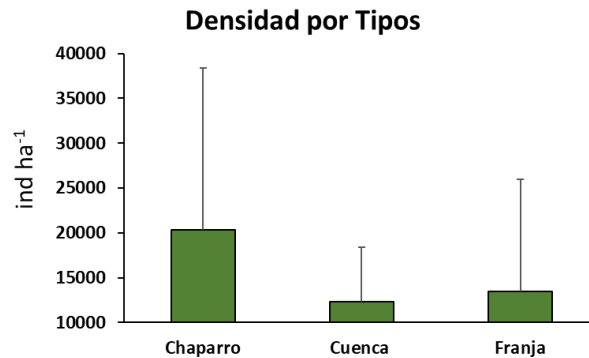


Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Densidad de individuos

La mayor densidad de individuos se registró en el manglar tipo Chaparro con $20,333 \pm 18,064$ ind ha⁻¹, le siguió el manglar tipo Franja ($13,470 \pm 6,024$ ind ha⁻¹). El manglar de Cuenca presentó la menor densidad con $12,351 \pm 12,481$ ind ha⁻¹ (**Figura 4.184**). La densidad de una comunidad de manglar es el reflejo de su edad y madurez. En su desarrollo pasan por una etapa en la que el espacio es ocupado por un gran número de árboles de poco diámetro, a una etapa de mayor madurez cuando existen pocos árboles, pero de mayor tamaño. También podría ser indicador de vulnerabilidad y capacidad de respuesta ante impactos.

Figura 4.184. Densidad de individuos por diferentes tipos ecológicos de manglar en el SLN. Valores promedio \pm DE.

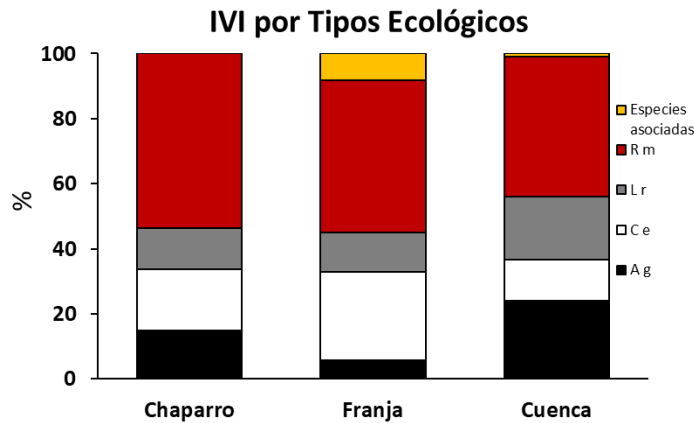


Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Índice de valor de importancia de las especies (IVI)

En cuanto al índice de valor de importancia (IVI) de las especies, se observa que *Rhizophora mangle* es la especie dominante (53.7 %) distribuido en el manglar tipo Chaparro; en el manglar tipo Franja (46.8 %) y 42.9 % en el manglar tipo Cuenca (**Figura 4.185**). En el manglar de Franja y Cuenca se presentan especies asociadas al manglar, pero con IVI bajos, 8 % y 1% respectivamente. En los tres tipos ecológicos de manglar se presentan las cuatro especies reportadas para la zona de la Península de Yucatán (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*).

Figura 4.185. Índice de valor de importancia de las especies (IVI) por diferentes tipos ecológicos de manglar en el SLN.



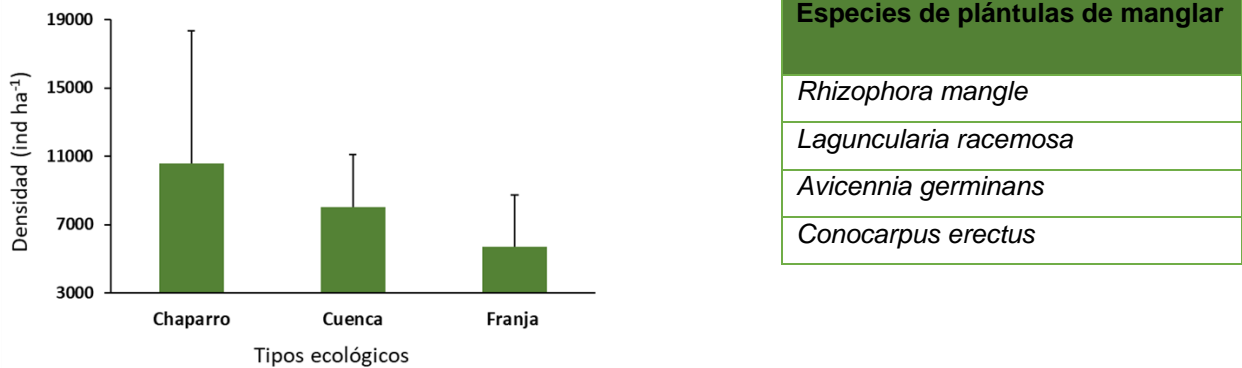
Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Reclutamiento/ Regeneración natural

La capacidad de recuperación o parte de proceso de reclutamiento de un bosque se ve reflejada en la regeneración natural, a través de la densidad de plántulas y juveniles. Esta variable responde a la temporalidad. La densidad de plántulas principalmente se relaciona con el periodo de producción y caída de semillas de los árboles.

Los resultados en el reclutamiento muestran que el manglar de tipo Chaparro obtuvo la mayor densidad ($10,583 \pm 7,772 \text{ ind ha}^{-1}$), mientras que la menor densidad se obtuvo en el manglar de Franja ($5,714 \pm 3,039 \text{ ind ha}^{-1}$) (**Figura 4.186**). El manglar Chaparro es el tipo de manglar más productivo en relación con la regeneración natural.

Figura 4.186. Densidad promedio y especies de plántulas por diferentes tipos ecológicos de manglar en el APFFMN. Valores promedio \pm DE.



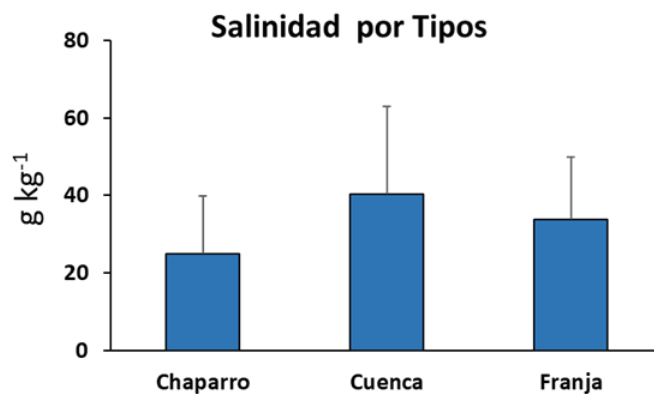
Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Variables fisicoquímicas por tipo ecológico

Salinidad del agua intersticial

En el manglar tipo Cuenca se registró el promedio más alto de salinidad intersticial (40 ± 12 g kg⁻¹), mientras que los valores promedio más bajos fueron en el tipo Chaparro (22 ± 9 g kg⁻¹) (Figura 4.187). La salinidad puede influir en la dominancia y distribución de especies, siendo *Avicennia germinans* la especie que tolera condiciones de mayor salinidad (>50 g kg⁻¹), mientras que *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* se desarrollan en sitios con salinidades menores a 50 g kg⁻¹. La variación de esta variable se presenta en la figura siguiente.

Figura 4.187. Variación de la salinidad del agua intersticial en los diferentes tipos de manglar del APFFMN. Valores promedio \pm DE.

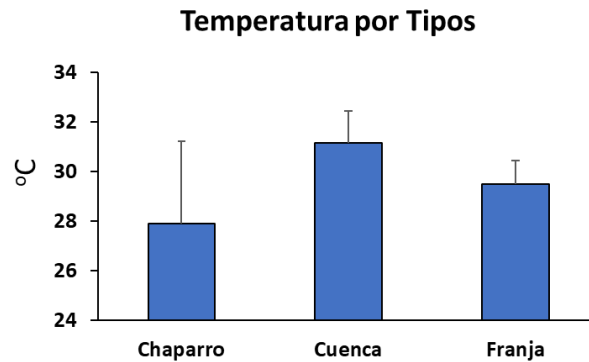


Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Temperatura del agua intersticial

La mayor temperatura se observó en el manglar de tipo Cuenca (31.3 ± 1.5 °C), seguido del manglar tipo Franja (29.9 ± 0.6 °C). La menor temperatura del agua intersticial se presentó en el manglar tipo Chaparro con 27.8 ± 0.9 °C. La variación de esta variable se presenta en la figura siguiente (**Figura 4.188**).

Figura 4.188. Variación de la temperatura del agua intersticial en los diferentes tipos de manglar del APFFMN. Valores promedio \pm DE.

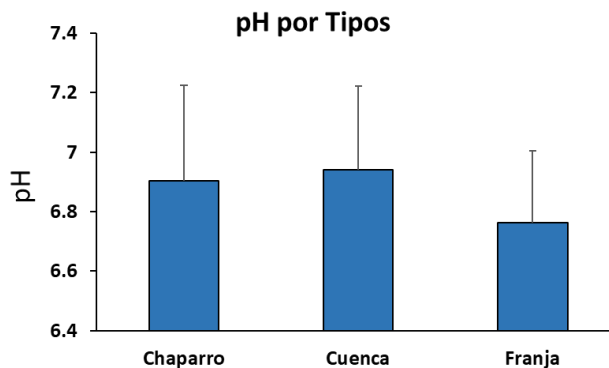


Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Potencial hidrógeno del agua intersticial

De acuerdo con esta variable en estos sitios presentaron suelos neutros, observándose que en el manglar tipo Cuenca obtuvo el mayor promedio de pH (7.39 ± 0.15), mientras que en el manglar de Franja presentó el menor valor (6.78 ± 0.15) (**Figura 4.189**). En zonas inundadas los valores de pH se relacionan con el nivel de inundación y con el potencial redox.

Figura 4.189. Variación del pH del agua intersticial en los diferentes tipos de manglar del APFFMN. Valores promedio \pm DE.

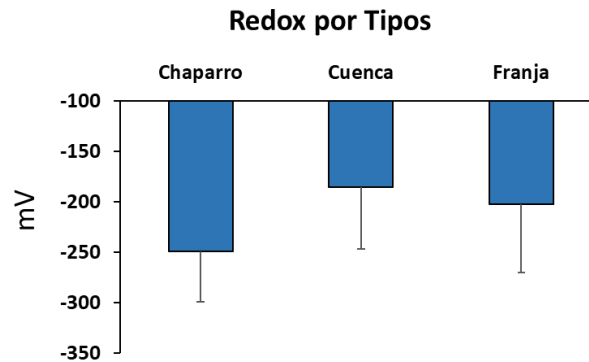


Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Potencial óxido-reducción del agua intersticial

En el manglar de tipo Chaparro se registraron los valores más reducidos (-250 ± 29 mV), por lo que sugiere que estas áreas los tiempos de inundación son más prolongados; mientras que en el manglar de tipo Cuenca se presentaron suelos menos reducidos (-179 ± 35 mV) (**Figura 4.190**). En el manglar de tipo Franja el nivel de marea influye en los valores de salinidad (-210 ± 30 mV). Estas variaciones están dadas por el tiempo de inundación en cada tipo de manglar. Esta variación en cada tipo de manglar se presenta en la figura siguiente.

Figura 4.190. Variación del redox del agua intersticial en los diferentes tipos de manglar del APFFMN. Valores promedio \pm DE.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Caracterización del manglar por Zonas

La vegetación de manglar se extiende sobre una superficie de 2, 879 ha sobre la periferia del Sistema Lagunar Nichupte (SLN) en las Zonas norte, Centro y sur; y de manera remanente y aislada en la porción sur Degradado (**Figura 4.191**). La exactitud del mapa de acuerdo con el índice de Kappa fue del 89%. Con el análisis de la estructura de cada árbol muestreado en campo se determinó una cobertura promedio de las parcelas para todo el SLN de 73.6 ± 16.4 % y va de 52.6 ± 29.2 % en la Zona Sur degradada, hasta 85.5 ± 6.4 % en la Zona Norte.

Figura 4.191. Vista aérea de 3 zonas de manglar distribuidas en el SLN.



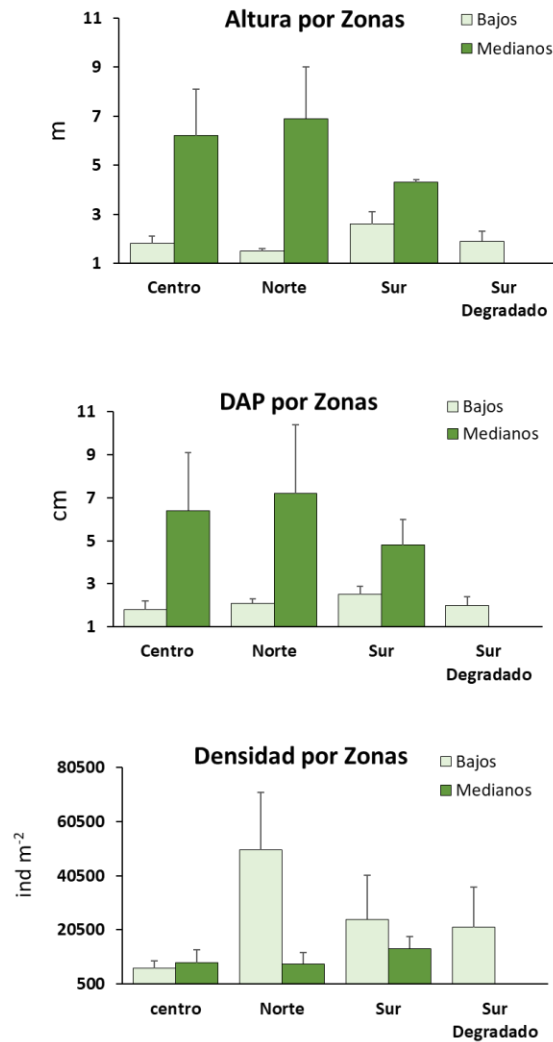
Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Variables estructurales por zonas

Las mayores alturas promedio se registraron en la Zona Norte (6.9 ± 2.1 m). En la misma zona se registraron los individuos más pequeños (1.5 ± 0.1 m). Los mayores DAP están en la Zona Norte (7.2 ± 3.2 m) y los menores están en la Zona Centro (1.8 ± 0.4 m) (**Figura 4.192**). En ambas zonas hay mayor heterogeneidad en el paisaje, a diferencia de la Zona Sur y Sur Degradado, donde la mayoría de su extensión es cubierta por individuos de alturas menores de 4.0 m. El conjunto de todas las zonas da como resultado una extensión de 2,376 ha de manglar bajo (1.9 ± 0.5 m) y de 502 ha para manglares mediano (6.0 ± 2.0 m).

La superficie de manglares bajos se distribuyó de manera homogénea sobre las cuatro zonas evaluadas. Por otra parte, los manglares medianos de la Zona Centro, Norte y Sur representan el 28.13% de la superficie total clasificada.

Figura 4.192. Promedio de variables estructurales por categoría de bajo y mediano de las zonas de SLN. Valores promedio \pm DE.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Variables fisicoquímicas por zonas

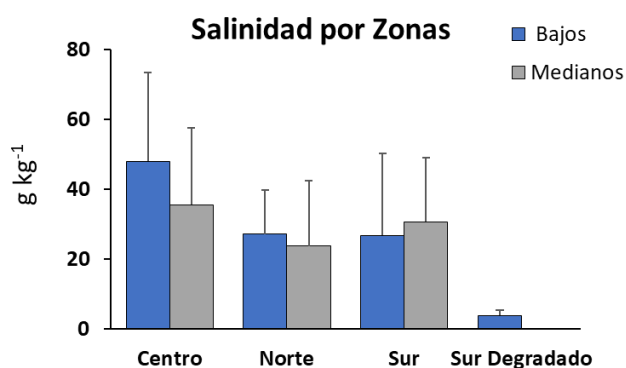
El ecosistema del manglar se establece con base a distintas variables ambientales y la magnitud de cada uno de ellos permite al desarrollo de las especies (Krauss et al., 2008). A continuación, se presenta el valor promedio de la salinidad intersticial como una de las variables fisicoquímicas del agua que se puede tener el papel de estresor o regulador de la presencia y abundancia de las especies de manglar.

Salinidad del agua intersticial

El valor promedio de la concentración de sal en el SLN fue de $27.9 \pm 13.4 \text{ g kg}^{-1}$. La salinidad promedio fue menor en la Zona Sur Degradado ($3.7 \pm 1.5 \text{ g kg}^{-1}$) en donde se presentan manglares con categoría de baja altura. La Zona Norte presenta las concentraciones más

altas de salinidad en ambas categorías siendo de $48 \pm 25.5 \text{ g kg}^{-1}$ en bajos y $35.5 \pm 1.6 \text{ g kg}^{-1}$ en medianos (**Figura 4.193**). Esta zona presenta fuerte influencia del agua de mar al ubicarse cerca de la boca Cancún (Romero, 2016). Los valores de salinidad están en intervalos que no representan condiciones de estrés para los manglares. Sin embargo, salinidades muy bajas como las de la Zona Sur Degradado podrían favorecer cambios a especies mejor adaptadas a agua casi dulce, por lo que se sugiere la implementación de acciones de restauración en esta zona.

Figura 4.193. Variación espacial de la salinidad del agua intersticial en 4 zonas del APFFMN. Valores promedio \pm DE.

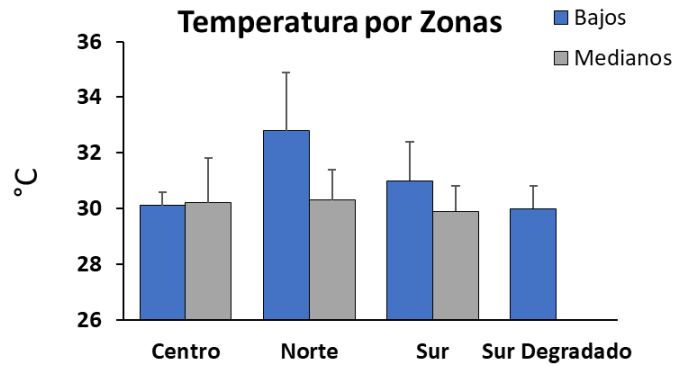


Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Temperatura del agua intersticial

El valor promedio de la temperatura del agua intersticial en el APFFMN fue de 30.6 ± 1.0 °C. La menor temperatura promedio que se registró fue de 29.9 ± 0.9 °C en los manglares de categoría bajos de la Zona Sur, mientras que la mayor se presentó en los manglares medianos de la Zona Centro con 32.8 ± 2.1 °C (**Figura 4.194**). Se han reportado que presenta heterogeneidad de forma temporal por el aporte de aguas subterráneas, de la precipitación y el viento (Romero, 2016). La variación espacial en la temperatura se presenta en la siguiente figura.

Figura 4.194. Variación espacial de la temperatura del agua intersticial en 4 zonas del APFFMN. Valores promedio \pm DE.

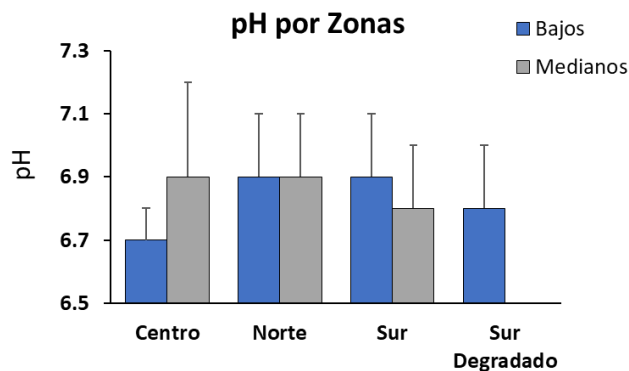


Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Potencial hidrógeno del agua intersticial

El valor promedio de pH en toda el área de manglar de la APFFMN fue de 6.8 ± 0.1 pH. Los manglares bajos de la Zona Norte registraron el menor pH con 6.7 ± 0.1 . El mayor pH se obtuvo en los manglares bajos de la Zona Norte con 6.9 ± 0.2 (Figura 4.195). Esta variable tuvo un comportamiento homogéneo. Se consideran que tienen la condición de neutro a ligeramente ácido debido a que el rango se presenta entre 6.7 y 7.2 de pH. El comportamiento del pH en cada zona se muestra en la siguiente figura.

Figura 4.195. Variación espacial del potencial de hidrógeno (pH) del agua intersticial en 4 zonas del APFFMN. Valores promedio \pm DE.



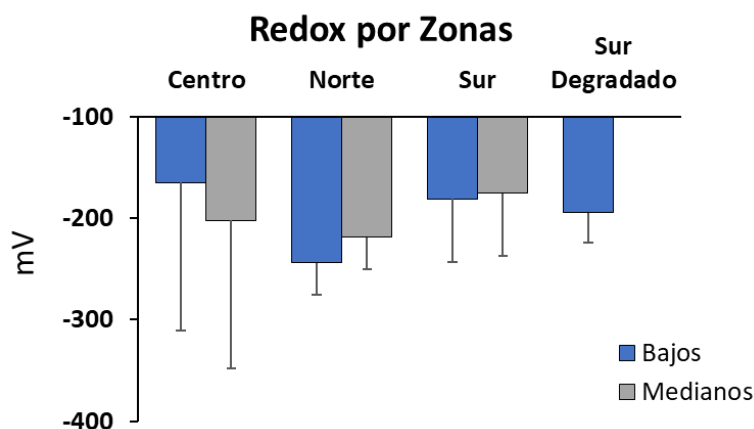
Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Potencial óxido-reducción del agua intersticial

El valor promedio del redox en toda el área de manglar del SLN fue de -194.5 ± 28.1 mV. Para los manglares de categoría bajo las condiciones más anóxicas (-244 ± 31 mV) se presentaron en la Zona Centro, y las menos reducidas en la Zona Norte (-165 ± 146.6 mV).

Mientras que para los de categoría medianos los sitios con condiciones anóxicas se presentaron en la Zona Centro (-218.8 ± 54.6 mV) y las menos reducidas en la Zona sur (-175.0 ± 48.6 mV) (Figura 4.196). El potencial redox regula muchas de las reacciones biogeoquímicas y determina la estabilidad de los minerales y la regeneración de nutrientes en el suelo y los sedimentos (Reddy y DeLaune, 2008). Además, es un “proxy” de la frecuencia y tiempo de inundación. El redox en áreas de manglares bajos indica que los tiempos inundación son altos y podrían en el mediano plazo causar daño a los manglares. Se sugiere intervenir en estas áreas para implementar una rehabilitación hidrológica y recuperar la conectividad.

Figura 4.196. Variación espacial del redox del agua intersticial en 4 zonas del APFFMN. Valores promedio \pm DE.



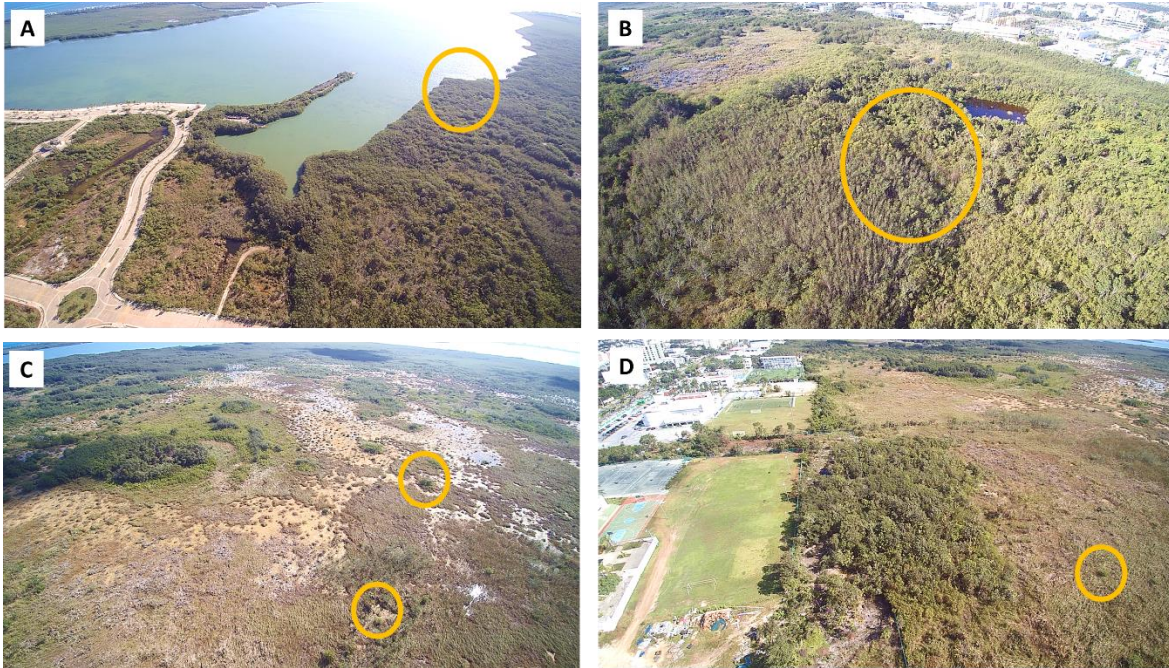
Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Caracterización y condición del manglar en la ZII del Proyecto

Puntos de verificación en campo

La verificación de campo mostró diferentes escenarios con distintos tipos de vegetación (Figura 4.197); a) manglar de borde distribuido sobre las orillas del complejo lagunar; b) vegetación mezclada, dominada principalmente por manglar y parches de selva baja; c y d) vegetación aislada conformada por parches pequeños de manglar sobre zonas de pastizales inundables. Se diferenciaron distintos estratos arbóreos y diferentes coberturas, desde zonas con algún grado de impacto hasta zonas conservadas.

Figura 4.197. Paisajes que conforman la distribución de manglar en el área de influencia del Proyecto Puente Nichupté. A) manglar de borde, B) manglar mezclado, C y D) manglar aislado, todos ellos en imágenes panorámicas tomadas desde un dron.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Las características estructurales que definen los diferentes escenarios de la vegetación de manglar se muestran en la **Tabla 4.38**. Se presentaron parches aislados de manglar hacia las secciones iniciales del trazo; con alturas menores a 2.5 m, DAP menores a 4.5 cm y promedio de 5 individuos contabilizados en 25 m². La vegetación de manglar mezclada con parches de selva fue la de mayor estructura arbórea con DAP y alturas mayores a 6 cm y 5 m respectivamente. La vegetación con mayor densidad fue la de manglar de borde con intervalo de 20 a 33 individuos en 25 m².

Tabla 4.38. Características estructurales medidas en campo en parcelas de 25 m².

Tipo de manglar	DAP (cm)	Altura (m)	Cobertura	No. Individuos mín-máx	Densidad (ind ha ⁻¹)
Manglar aislado	< 4.5	< 2.5	40 ± 20	5	1, 200 - 2, 000
Manglar de borde	4.6 – 6	2.6 – 6	75 ± 15	33	10, 000-16,200
Manglar mezclado	> 6.1	> 6.1	85 ± 10	18	2, 800 - 7, 200

Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Tipos de vegetación y cobertura

Se identificaron un total de cinco tipos de coberturas dentro del área clasificada, de las cuales, tres corresponden a coberturas con vegetación con una extensión de 413 ha y 205 ha para coberturas sin vegetación (**Tabla 4.39**). La cobertura menos representada en la zona de influencia (ZI) de los tres trazos proyectados fue la vegetación de tipo selva con el 7.7 %. La cobertura de mayor extensión fue la del manglar con 255 ha, conformado casi la mitad (47.4%) de la vegetación dentro del ZI. Las zonas inundables con pastizal y/o tular se distribuyeron en el 20 % del área de influencia. El área total caracterizada fue de 618 ha.

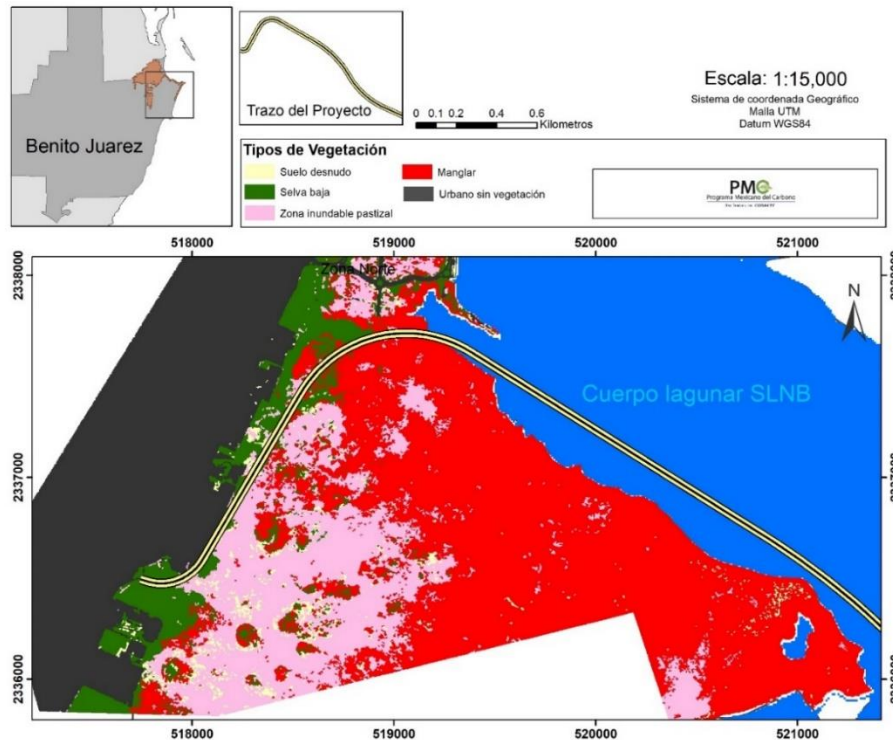
Tabla 4.39. Tipos de cobertura resultado del proceso de clasificación sobre el aérea de estudio.

Tipo de cobertura	Extensión (ha)	Sobre AI (%)	Exactitud (% Kappa)
Suelo desnudo	13	2.5	89
Selva Baja	59	7.7	92
Manglar	245	47.4	95
Zona inundable con pastizal	110	20.2	87
Urbano sin vegetación	192	22.2	97
Totales	619	100	92

Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

La vegetación de tipo selva presentó una distribución más fragmentada sobre la porción oeste del área de estudio. A partir de los mosaicos de vegetación verificados en campo sobre los límites del APFFMN con la zona urbana y el análisis de la imagen satelital (**Figura 4.198**). El paisaje se distribuye de manera fragmentada y entremezclada de parches de manglar con vegetación de tipo selva baja-mediana subcaducifolia. Conforme el trazo se prolonga hacia la laguna Nichupté, se observa vegetación de mayor cobertura del dosel y un mosaico más continuo. La exactitud final del mapa fue del 92% de acuerdo con el índice de Kappa.

Figura 4.198. Distribución de los tipos de vegetación sobre el área de influencia del trazo del proyecto en la construcción del puente vial con resolución de 2 m.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Condición del manglar y estimación del área impactada

Los intervalos de verdor que definen la condición del manglar se describen en la **Tabla 4.40**. Una menor vigorosidad en el dosel de manglar refleja menor estructura arbórea típica de manglar de tipo chaparro. La baja altura de la vegetación sobre suelo relativamente húmedos disminuye la sensibilidad de este índice reflejando valores bajos (0.26–0.46) (**Figura 4.199**). Las características arbóreas de este tipo de manglar dificultaron la estimación del número y extensión promedio de copas. De cualquier manera, el número de individuos medidos en campo indica una densidad de 19,200 individuos por hectárea.

Por el contrario, vegetación con valores de NDVI mayor a 0.61 fueron cartografiados como parches de manglar de tipo cuenca con una extensión promedio de la copa de 1.4 ± 1.87 m y densidades de hasta 8,800 individuos por hectárea (**Figura 4.199**). Finalmente, valores intermedios del NDVI (0.47–0.60) fueron caracterizados por parches de manglar de tipo franja con densidades que varían entre 14,000 y 13,000 individuos por hectárea, de acuerdo con lo estimado y el potencial de acuerdo con las mediciones “in situ”.

Por otra parte, con respecto a la distribución de los tipos de manglar, hay una diversidad en los tipos ecológicos (chaparro, franja y cuenca). De cualquier manera, el manglar con

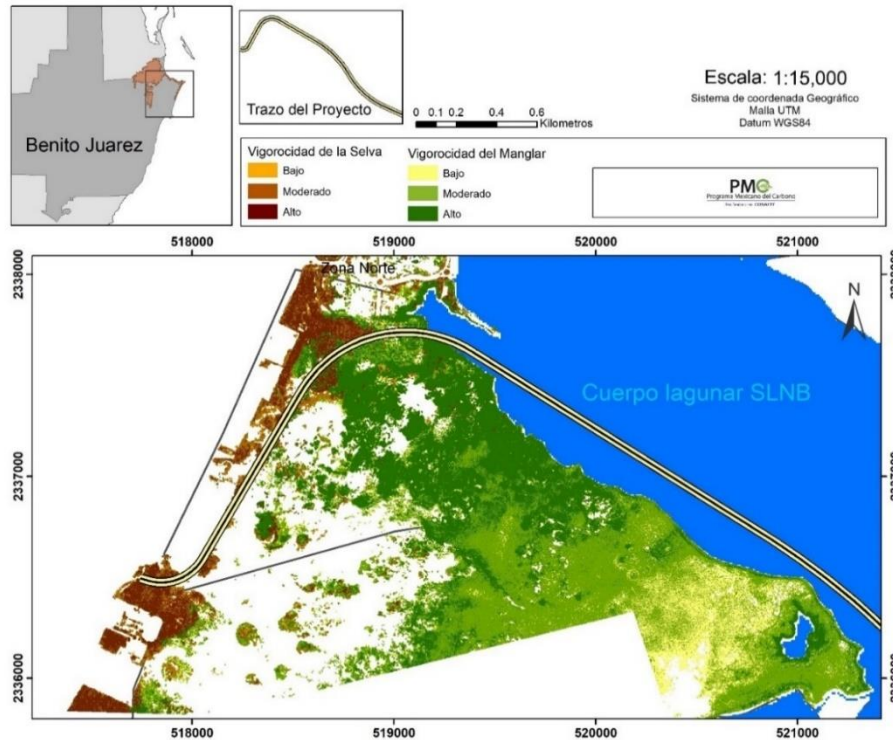
vigorosidad moderada y de tipo Franja fue el de mayor extensión sobre el área de estudio distribuyéndose en el 46% del área caracterizada (**Tabla 4.40**).

Tabla 4.40. Condición de la vegetación y características del dosel de manglar medidos por sensores remotos. Parcela de entrenamiento (25m²). Extensión del trazo estimada a partir de un área buffer de 16.4 diámetro (dimensión de la carretera tipo A2).

Tipo de manglar	Índice de verdor (NDVI)	Densidad	Potencial Ind. ha ⁻¹	Extensión de manglar (Trazo)
Chaparro	0.26 – 0.46	20, 000	19, 200	0.10
Franja	0.47 – 0.60	14,000	13, 000	0.29
Cuenca	> 0.61	6, 000	6, 800	1.12

Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Figura 4.199. Distribución de la condición del manglar y selva sobre el área de estudio calculados a partir del Índice Normalizado de la vegetación (NDVI).



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

A partir del análisis de imágenes se infirió que, en el trazo del Puente Vehicular Nichupté (PVN), la vegetación que domina es un pastizal asociado con manglar, pero también se encuentra presente el manglar tipo chaparro y de cuenca.

4.3.2.5 Caracterización de la vegetación

La descripción de la vegetación que aquí se presenta es parte integral del estudio que conformará el expediente para gestionar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, motivo por el cual, se describe de manera amplia la vegetación en esta sección al no estar integrada propiamente en un anexo.

Dado que el sitio del proyecto se ubica en la zona de influencia del Sistema Lagunar Nichupté, este factor se refleja directamente en los tipos de asociaciones vegetales de la zona. La primera corresponde con un rodal de selva mediana subperennifolia que colinda con la glorieta de Av. Tulum y el inicio de la Avenida Bonampak en donde se conectará la vialidad, sujeta a condiciones naturales; en tanto que la segunda corresponde a un humedal con pastizal (zacate cortadera, *Typha sp.* y carrizo) asociado con mangle disperso en donde se han llevado a cabo modificaciones importantes y referidas a rellenos con material calcáreo; los cuales han sido producto de los desmontes colindantes a las áreas urbanas. Asimismo, se han tenido afectaciones de carácter natural, originadas por el paso de fenómenos hidrometeorológicos como fue el caso del huracán Wilma (2005), mismo que afectó seriamente los humedales y comunidades costeras del norte de la Entidad.

De cualquier manera, toda esta zona presenta características que favorecen su inundación temporal o permanente por lo que la cobertura vegetal corresponde con una abundancia de plantas tolerantes a esta misma condición, por lo que se desarrolla la Vegetación acuática facultativa, que para el sitio del proyecto está integrada por Saibales y pequeños rodales Mangle mixto (**Figura 4.200**).

De acuerdo con los resultados del análisis de vegetación en selva, se registró la presencia de la palma chit *Thrinax radiata*, especie protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010 con categoría de amenazada, así como, de acuerdo con los resultados de análisis de vegetación del humedal, se registró la presencia de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) y *Rhizophora mangle* (mangle rojo), especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 con categoría de amenazadas.

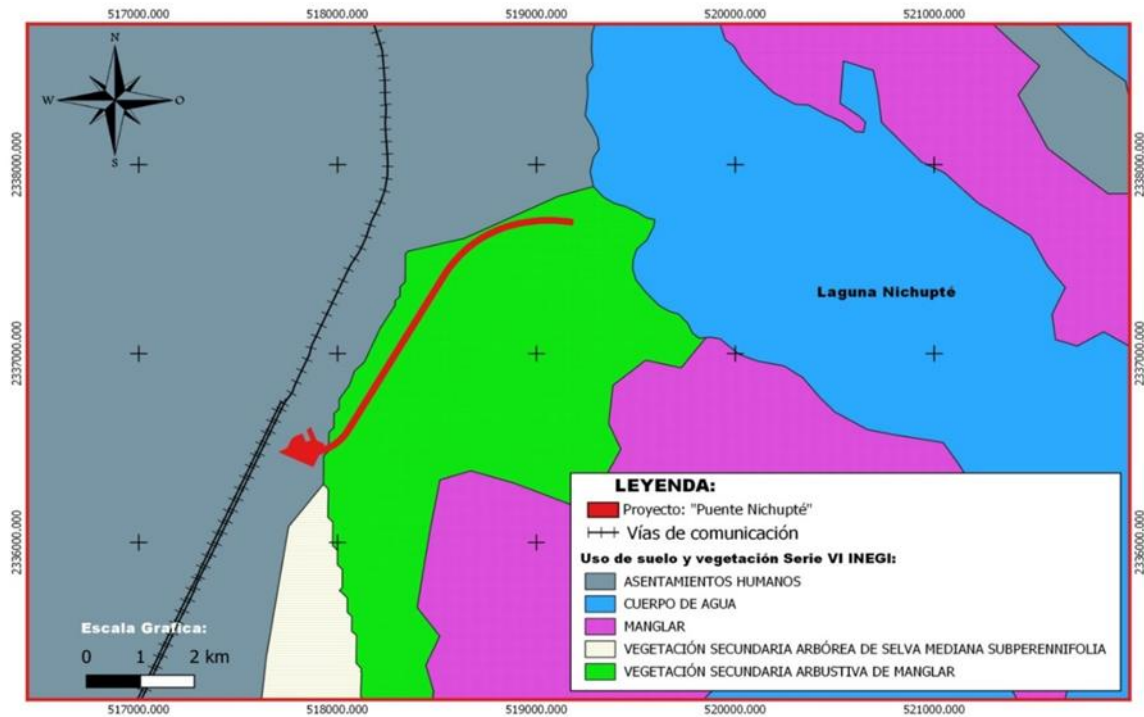
Figura 4.200. Aspecto de la vegetación asociada con el sitio del proyecto.



Fuente: (Caracterización de la vegetación y fauna, 2021)

De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación Serie VI del INEGI, en el sitio del proyecto se registra la presencia de asentamientos humanos y vegetación secundaria arbustiva de manglar (**Figura 4.201, Tabla 4.41**).

Figura 4.201. Plano de vegetación del proyecto de acuerdo con INEGI.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Tabla 4.41. Asociaciones y usos de suelo identificados con la zona de influencia indirecta del Proyecto.

Concepto		Superficie M2	(has.)	%
Selva mediana subperennifolia	Mediana subperennifolia/vegetación secundaria arbórea (colindante a la glorieta)	17,951.18	1.8	22.22
	Mediana subperennifolia/vegetación secundaria arbórea (Barda escolar)	4,583.81	0.46	5.68
	Área verde jardinada con especies arbóreas frente a la plaza Kukulcan.	1,589.86	0.16	1.98
	Subtotal	24,124.85	2.42	29.88
Humedal	Mangle mixto	9,266.35	0.93	11.48
	Pastizal aguada (barda del centro educativo)	2,541.66 m2	0.25	3.09
	Mangle botoncillo con chechem sobre área de relleno del centro educativo	9,288.11	0.93	11.48
	Pastizal con mangle mixto disperso	16,617.70	1.66	20.49
	Área sin vegetación (salitral)	1,178.81	0.12	1.48
	Mangle botoncillo con chechem	14,563.56	1.45	17.90
	Mangle rojo.	3,430.31	0.34	4.20
	Subtotal	56,886.50	5.68	70.12
	Total	81,011.35 m2	8.10	100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

4.3.2.5.1 Vegetación en la subcuenca "a" (unidad hidrológica forestal)

Para el Estudio Técnico Justificativo (ETJ), esta escala de descripción se describe como “Unidad hidrológica forestal”, está asociada con la Cuenca hidrológica 32a-Subcuenca “a”. Se reconocen los siguientes tipos de vegetación: duna costera, manglar, tular, selva baja subcaducifolia, selva mediana subperennifolia y cuerpos de agua (**Figura 4.201**).

A continuación, se describen los tipos de vegetación referidos en el ETJ.

Duna costera

De acuerdo con la cartografía de uso de suelo y vegetación serie VI (2017) y a la guía de interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie V, INEGI 2014. Esta comunidad vegetal se establece a lo largo de las costas, se caracteriza por la presencia de plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Algunas de las especies que se pueden encontrar son nopal (*Opuntia dillenii*), riñonina (*Ipomea pes-caprae*), alfombrilla (*Ambrosia marítima*), (*Croton ssp.*), verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), etc. También se pueden encontrar algunas leñosas y gramíneas como el uvero (*Coccoloba uvifera*), pepe (*Chrysobalanos icacos*), cruceto (*Randia sp.*), espino blanco (*Acacia sphaerocephala*), mezquite (*Prosopis julifera*), zacate salado (*Distichlis spicata*), zacate (*Sporobolus sp.*) entre otros.

En particular para la cuenca 32A, esta vegetación se encuentra en las zonas de playa en la costa, donde se ve interrumpida por la selva que a la vez se mezcla con el manglar, se encuentra distribuido en franjas de entre 30 y 100 m de ancho, dentro de esta vegetación se puede observar dos tipos de asociaciones las cuales se distinguen de acuerdo a la dominancia de especies herbáceas, arbustivas y/o arbóreas.

Manglar

Se desarrolla en las márgenes de lagunas costeras y esteros desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas; siempre sobre suelos profundos, en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada. Un rasgo peculiar que presentan los mangles es la presencia de raíces en forma de zancos, o bien de neumatóforos, características de adaptación que les permiten estar en contacto directo con el agua salobre sin ser necesariamente plantas halófilas.

Los mangles son especies perennifolias y el estrato dominante que forma es generalmente arbóreo, aunque también puede ser subarbóreo o hasta arbustivo, las alturas de los mangles pueden variar, de manera general desde 1 hasta 30 metros.

En México predominan cuatro especies en los manglares: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado o negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), frecuentemente estas especies se encuentran asociadas entre sí, pero con diferentes grados de dominancia cada una de ellas.

Tular

Es una comunidad de plantas acuáticas, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras, en sitios con climas desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos. Las plantas de esta comunidad viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando prácticamente un solo estrato herbáceo de 80 cm hasta 2.5 m de altura.

Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha sp.*), y tulillo (*Scirpus sp.*), pero también incluye los llamados carrizales de *Phragmites communis* y *Arundo donax* y los “saibadales” de *Cladium jamaicense* del sureste del país.

En general el tular forma parte de las zonas inundables de la cuenca 32A, representando una menor proporción que a decir verdad en la escala a la que se presenta la serie VI, no son cartografiables.

Selvas

De acuerdo a la guía para la interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie V, INEGI 2014. Los diferentes tipos de vegetación que se presentan, su agrupación se basa en afinidades ecológicas, florísticas y fisonómicas, considerando que estas se agrupan en primera instancia por cuestiones climáticas, aunque en ocasiones los aspectos edafológicos, geológicos y topográficos toman una especial relevancia.

Otro aspecto que considera el sistema de clasificación es el que se denomina Desarrollo de la Vegetación, que agrupa a la vegetación por su grado de afectación, ya sea por causas naturales o antropogénicas, así pues, se habla de vegetación primaria, esto es sin disturbio

o bajo nivel del mismo o secundaria, que es aquella que debido a perturbaciones ha sido modificada y presenta el proceso de sucesión.

Desarrollo de la vegetación. Este concepto se refiere a los distintos estados sucesionales de la vegetación natural y considera lo siguiente:

- Vegetación primaria: es aquella en que la vegetación no presenta alteraciones significativas o la degradación no están manifiesta.
- Vegetación secundaria: Cuando un tipo de vegetación es eliminado o alterado por diversos factores, humanos o naturales, el resultado es una comunidad vegetal significativamente diferente a la original y con estructura y composición florística heterogénea.

Por otra parte, en el apartado 2.1.9 de dicha guía de interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie V, se menciona (párrafo quinto) que, actualmente y a causa de la actividad humana, la definición y determinación de vegetación secundaria se ha vuelto más compleja, ahora las áreas afectadas ocupan grandes superficies y variados ambientes, ya no son tan localizadas y a veces la presión es tanta que inhibe el desarrollo de la misma provocando una vegetación inducida.

A causa de la complejidad de definir los tipos de fases sucesionales, dada su heterogeneidad florística y ecológica y su difícil interpretación aun en campo, se consideran con base en las formas de vida presentes y su altura, tres fases:

- Vegetación Secundaria herbácea
- Vegetación Secundaria arbustiva
- Vegetación Secundaria arbórea

Selva baja subcaducifolia

De acuerdo con Miranda, 1958. (Tipos de Vegetación de la Península de Yucatán) la selva baja alcanza alturas entre 8 y 15 m, pero en general es más baja (6-8 m), distinguiéndose por la continua presencia de la elegante palma llamada yaxhalalche' o kuka' (*Pseudophoenix sargentii*) intercalada en mayor o menor abundancia con la despeinada (*Beucarnea pliabilis*).

Esta palma se encuentra a lo largo de la costa noreste de la Península, cerca de Puerto Morelos Quintana Roo, y la región del Cuyo en Yucatán, colindando con la selva

subperennifolia de zapote con chit. En la selva baja decidua con *Pseudophoenix* eran frecuentes la *Beucarnea plibilis*, *Eugenia* sp., *Guaiacum sanctum* y *Plumeria obtusa* entre otros.

De acuerdo con los estudios hidrológicos de Quintana Roo (INEGI 2002), la selva baja subcaducifolia se ubica entre los poblados de Felipe Carrillo Puerto, Tulum y una porción de Puerto Morelos en la costa centro-norte de Quintana Roo, esta selva limita principalmente con la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea.

El estrato superior típico lo componen elementos de 6 a 8 m de altura como: chechen (*Metopium brownei*), pomolché (*Jatropha gaumeri*), chaca (*Bursera simaruba*) y chicozapote (*Manilkara zapota*); en el estrato intermedio corresponde a elementos de 3 a 5 m, como, flor de mayo (*Plumeria rubra*), despeinada (*Beucarnea plibilis*), kuka (*Pseudophoenix sargentii*) y en el estrato inferior se encuentran especies de 1 a 2 m, como subín (*Acacia cornigera*), pata de vaca (*Bauhinia divaricata*), etc.

De acuerdo con la guía para la interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie V, INEGI 2014, la selva baja subcaducifolia se distribuye al poniente de Yucatán, al norte de Quintana Roo y en la Costa Maya.

Fisonómicamente es semejante a la SBC, excepto en que los árboles dominantes conservan por más tiempo el follaje a causa de una mayor humedad edáfica. Impactan visualmente los elementos de *Beucarnea plibilis* y *Pseudophoenix sargentii*.

El estrato superior típico lo componen elementos con 5 o 6 metros de altura como chechen negro (*Metopium brownei*), tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), pomolche' (*Jatropha gaumeri*), chaka (*Bursera. simaruba*), ya'axnik (*Vitex gaumeri*), sak-katsim (*Mimosa bahamensis*), kitanche (*Caesalpinia gaumeri*), akit (*Thevetia gaumeri*), boob (*Coccoloba barbadensis*), en el estrato intermedio tiene a elementos de 2 a 3 metros de altura como Nance (*Byrsonima crassifolia*), flor de mayo (*Plumeria rubra*), ts'pil (*Beucarnea plibilis*), palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), palma de guano (*Sabal yapa*), katalox (*Swartzia cubensis*), chi'may (*Pithecellobium dulce* y *P. albicans*) y *Crotón* sp. En el estrato inferior se encuentran especies de 1 a 2 m de altura como: subin (*Acacia* sp.), pata de vaca (*Bauhinia* sp.) y subinche (*Platymiscium yucatanum*).

Son especies importantes: *Metopium brownei* (boxchcchen) *Lysiloma latisiliquum* (tsalam), *Beucarnea plibilis* (ts'ipil), *Pseudophoenix sargentii* (kuka'), *Agave angustifolia* (ki, babki'),

Bursera simaruba (chaka'), *Nopalea gaumeri* (tsakam), *Bromelia pinguin* (ch'om), *Coccoloba* sp. (boob) y *Thevetia gaumeri* (akits).

Selva mediana subperennifolia

Los árboles de esta comunidad tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epifitas y lianas. Los árboles tienen una altura media de 25 a 30 m, alcanzan un diámetro a la altura del pecho menor que los de la selva alta perennifolia aun cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva se distinguen tres estratos arbóreos de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 hasta 30 m. Dentro de los estratos se encuentran varios tipos de palmas.

Son especies importantes de este tipo de selva *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo) *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato, jiole, copal), *Manilkara zapota* (ya' zapote, chicozapote), *Lysiloma latisiliquum*, (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (yaaxnic), *Bucida buceras* (pukte), *Alseis yucatanensis* (jaasche), *Psidium sartorianum* (pichiche'), *Carpodiptera* sp. Las epifitas más comunes son algunos helechos y musgos abundantes orquídeas, bromelias y aráceas

Se distribuye en Yucatán, Quintana Roo, (incluyendo la isla de Cozumel), Campeche, Jalisco, Veracruz, Chiapas, Colima, Guerrero, y Oaxaca.

Este tipo de vegetación cubre prácticamente toda la cuenca 32A con excepción de la zona costera de la misma, en donde prevalece la zona inundable, y una pequeña porción de selva baja, presenta cierto grado de disturbio por los ya numerosos asentamientos humanos, y las actividades agropecuarias (vegetación secundaria arbórea), como la milpa, la ganadería y otras actividades como los bancos de préstamo que han cambiado su composición natural.

Los árboles que componen este tipo de vegetación en la cuenca presentan diferencias de alturas que van de los 8, 10 y hasta 15 m, en esta asociación se observa la presencia de palmas formando parte del estrato bajo y medio, algunas especies arbóreas presentan contrafuertes y por lo general poseen epifitas y lianas, las especies importantes de este tipo de vegetación son: *Lysiloma latisiliquum*, (Tzalam), *Brosimum alicastrum* (ramón), *Bursera simaruba* (Chaká), *Manilkara zapota* (chicozapote), *Vitex gaumeri* (ya'axnic), *Alseis yucatanensis* (ja'asche) entre otros.

Así también se menciona que esta asociación vegetal al igual que toda la cobertura forestal del estado ha sufrido el impacto de los diversos fenómenos naturales que con el paso de los años han afectado a la región y en específico la cuenca 32A, es por ello que puede observarse la presencia de árboles caídos, muertos en pie y en muchos de los casos descopados, además de procesos de regeneración natural.

A diferencia de los parámetros de altura que se manifiestan en la serie VI (INEGI), para este tipo de vegetación esta se ha definido como selva mediana debido a que tiene una dominancia de elementos que alcanzan hasta 10 m, de altura y posiblemente existen árboles un poco más altos que sobresalen del dosel, así mismo se ha aplicado el término subperennifolia debido a que entre el 25 al 50% de las especies tiran sus hojas durante la temporada seca del año (Pennington y Sarukhán 1968).

Actualmente se observa a esta zona como una selva mediana con vegetación secundaria arbórea en grado medio de conservación con una diferencia de altura, es decir al frente o cerca de la carretera federal se observa la vegetación con alturas de hasta 8 m y en la medida que se adentra hacia el humedal se observan alturas menores de 5 m. con dominancia de especies características como tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), jabin (*Piscidia piscipula*), entre otros, así también el ficus (*Ficus cotinifolia*), chechem (*Metopium brownei*), chacá (*Bursera simaruba*) y además de la abundancia de las palmas chit (*Thrinax radiata*), y nakas (*Coccothrinax readii*) y la presencia de algunos relictos de chicozapote (*Manilkara zapota*), así mismo los impactos ocasionados en años anteriores por los huracanes se hacen presentes en la vegetación. Así como la presión que ejerce la población circundante de lado de las colonias populares, el cual se refleja en la extracción de madera de diámetros delgados, la extracción de tierra para jardín, la acumulación de basura a la orilla.

Resultados del muestreo en la unidad hidrológica forestal

Para conocer el estado que guarda la vegetación asociada con El Proyecto, para la realización del ETJ, se muestrearon 11 sitios, tres en la selva y ocho en el humedal, en la **Tabla 4.42** y **Figura 4.202**. De acuerdo con el informe para presentar el (ETJ) y la Serie VI de INEGI, en la cuenca 32 A, subcuenca “a”, el Proyecto se ubica sobre vegetación reconocida como “Vegetación secundaria arbustiva de manglar” y asentamientos humanos. Con respecto al manglar, para la zona en donde se encuentra el Proyecto, se reconoce la presencia de tres de las cuatro especies predominantes en el país, con alturas entre 1-8 m. Se desarrollan en forma de “mosaicos”, con una zona de transición con tierra firme bien

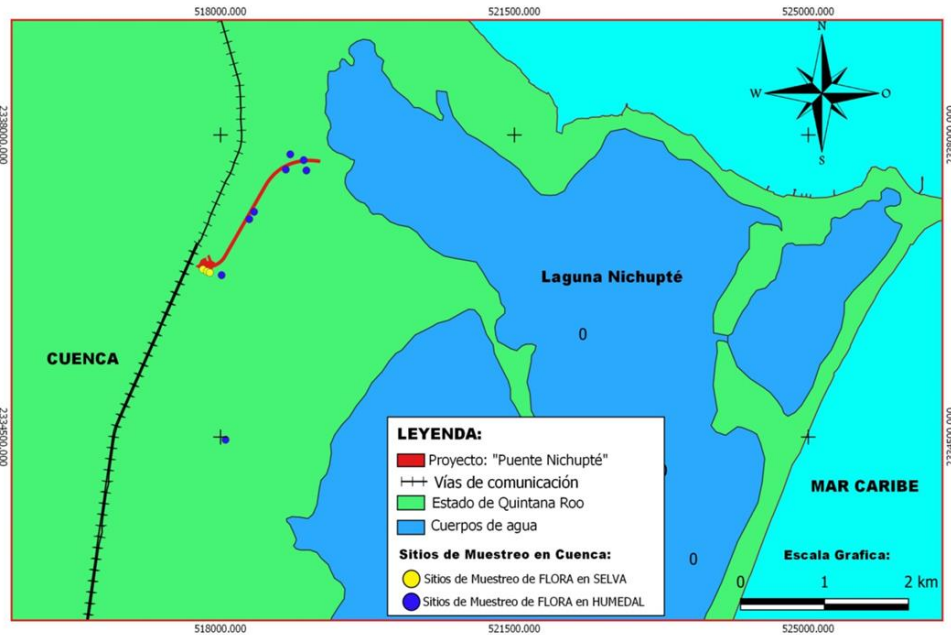
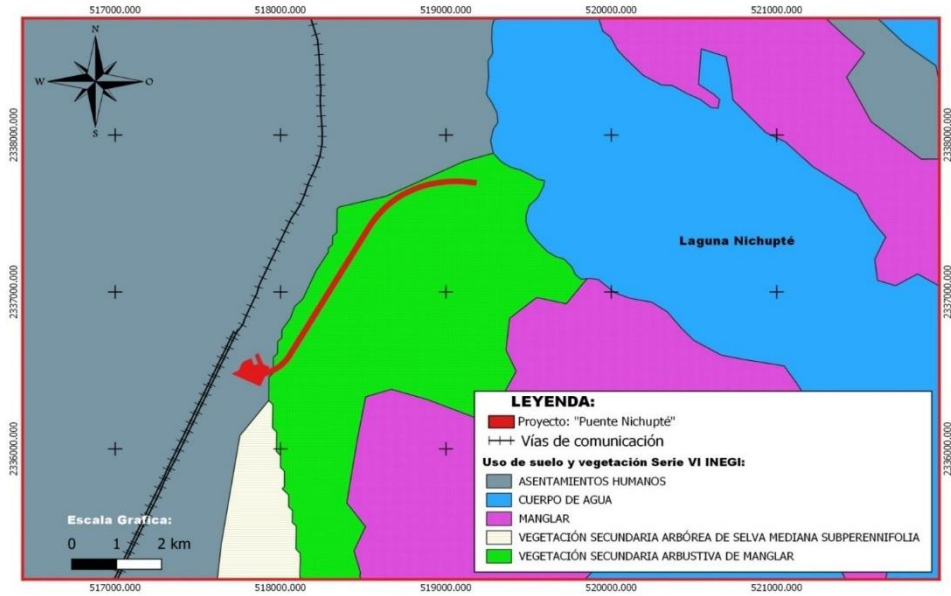
diferenciada, principalmente considerando que las especies de mangle son perennes y resaltan por su color intenso a lo largo del año. En el área se desarrolla también tular, constituido principalmente por tule (*Typha sp.*) y tulillo (*Scirpus sp.*), también incluye los llamados carrizales de *Phragmites communis* y *Arundo donax* y saibadales con presencia de *Cladium jamaicense*. Considerando que no hay disponible información específica para la zona que indique el tamaño de los sitios de muestreo en la selva, se consideró la superficie mínima, esto es, 1,500 m², los cuales se dividieron en tres parcelas de 500 m² cada una, que fueron divididos de la siguiente manera: para el arbolado de 10 cm en adelante se utilizó el círculo con un radio de 12.62m a partir del centro dando una total de 500 m², para el arbolado entre 5 y 9.9 cm de diámetro se utilizó un círculo con un radio de 3 m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 28.27m² y para la regeneración que va desde nivel de suelo hasta los 4.9 cm de diámetro se utilizó un círculo de 1m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 3. m².

Tabla 4.42. Coordenadas de los sitios de muestreo de la unidad de análisis (subcuenca “a”).

Sitios selva		
1	517791	2336444
2	517840	2336420
3	517872	2336406
Sitios humedal		
1	518013	2336376
2	518060	2334469
3	518343	2337025
4	518400	2337110
5	518831	2337776
Sitios humedal		
6	518778	2337600
7	518991	2337709
8	519023	2337589

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Figura 4.202. Vegetación asociada con la unidad forestal (arriba) y sitios de muestreo (abajo).



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Selva

En la **Tabla 4.43**, se presenta el listado de especies por estratos identificados para la selva mediana subperennifolia.

Tabla 4.43. Especies presentes en el predio de la unidad de análisis por estratos.

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae
2	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae
3	Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbanaceae
4	Bumelia	<i>Bumelia obtusifolia</i>	Zapotaceae
5	Ciricote	<i>Cordia dodecandra</i>	Boraginaceae
6	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotaceae
7	Tzalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Fabaceae
8	Ramon blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae
9	Bolchiche	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Poligonaceae
10	Chukum	<i>Havardia albicans</i>	Fabaceae
11	Verde lucero	<i>Pithecellobium leucospermum</i>	Fabaceae
12	Boichich	<i>Coccoloba spicata</i>	Poligonaceae
13	Amate negro	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae
14	Chacni	<i>Calyptanthus pallens</i>	Mirtaceae
#	Nombre común	Especie	Familia
15	Sacpa	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	Malpigiaceae
16	Guayancox	<i>Exothea diphylla</i>	Sapindaceae
17	Eculub	<i>Drypetes lateriflora</i>	Euphorbiaceae
18	Kanazin	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Fabaceae
19	Caracolillo	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Zapotaceae
20	Kitanche	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Fabaceae
21	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae
Estrato arbustivo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae
2	Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>	Apocynaceae
3	Mahahua	<i>Hampea trilobata</i>	Malvaceae
4	Nakax	<i>Coccothrinax readii</i>	Arecaceae
5	Guano blanco	<i>Sabal yapa</i>	Arecaceae
6	Katziin	<i>Acacia riparia</i>	Fabaceae
7	Pata de vaca	<i>Bauhinia divaricata</i>	Fabaceae
Estrato herbáceo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Piper	<i>Piper amalago</i>	Piperaceae
2	Anturium	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Araceae
3	Julub	<i>Bravaisia berlandieriana</i>	Acanthaceae
4	Tripa del diablo	<i>Selenicereus grandiflorus</i>	Cactaceae
5	Sac ak	<i>Cydista potosina</i>	Bignoniaceae
6	Maguey morado	<i>Rhoeo discolor</i>	Commelinaceae

7	Chaya	<i>Cnidoscolus multilobus</i>	Euphorbiaceae
8	Agave	<i>Agave angustifolia</i>	Agavaceae
9	Cocolmeca	<i>Smilax mollis</i>	Smilacaceae

Fuente: ETJ con información de la Serie VI de INEGI.

En la **Tabla 4.44**, se presenta el listado florístico de aquellas especies en categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 4.44. Especies con categoría de riesgo de la unidad de análisis y su distribución de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT -2010.

Nombre científico	Nombre común	Estrato	Categoría de riesgo y distribución de acuerdo a la NOM-059-2010
<i>Thrinax radiata</i>	Palma Chit	Arbustivo	Amenazada no endémica
<i>Coccothrinax readii</i>	Palma Nakas	Arbustivo	Amenazada endémica

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Análisis de diversidad de la vegetación

Con respecto al análisis de la vegetación asociada con el Proyecto, contempla los tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo) a través de los índices de diversidad (preferentemente valor de importancia e índice de diversidad de Shannon-Wiener), asimismo se calcula el índice de equitatividad. Es importante tener en cuenta que, la diversidad de un ecosistema depende de dos factores, el número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas. Entre dos ecosistemas hipotéticos formados por especies demográficamente idénticas (el mismo número de individuos de cada una, algo que nunca aparece en la realidad) consideraríamos más diverso al que presentara un número de especies mayor. Por otra parte, entre dos ecosistemas que tienen el mismo número de especies, consideraremos más diverso al que presenta menos diferencias en el número de individuos de unas y otras especies.

Para medir la diversidad existen varios índices que se utilizan para poder comparar la biodiversidad entre diferentes ecosistemas o zonas. Para este caso se utilizó el índice de Shannon & Wiener.

El índice de Shannon, de Shannon-Weaver o de Shannon-Wiener se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La

ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total. Se obtuvo de igual manera el índice de Equitatividad (J), ambos para los tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo). Para el cálculo de los índices fue de una superficie de 3m², 28 m² y 500 m² en cada uno de los sitios. En la **Tabla 4.45**, **Tabla 4.46** y **Tabla 4.47** se presentan los resultados para los índices de diversidad y equitatividad para cada uno de los estratos referidos:

Tabla 4.45. Resultados para el índice de diversidad y equitatividad del estrato arbóreo en la selva mediana.

#	Estrato arbóreo	Especie	Total
1	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	1
2	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	6
3	Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i>	5
4	Bumelia	<i>Bumelia obtusifolia</i>	1
5	Ciricote	<i>Cordia dodecandra</i>	1
6	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	1
7	Tzalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	7
8	Ramon blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	1
9	Bolchiche	<i>Coccoloba diversifolia</i>	3
10	Chukum	<i>Havardia albicans</i>	4
11	Verde lucero	<i>Pithecellobium mangense</i>	1
12	Boichich	<i>Coccoloba spicata</i>	1
13	Amate negro	<i>Ficus cotinifolia</i>	3
14	Chacni	<i>Calyptanthus pallens</i>	2
15	Sacpa	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	2
16	Guayancox	<i>Exothea diphylla</i>	1
17	Eculub	<i>Drypetes lateriflora</i>	1
18	Kanazin	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1
19	Caracolillo	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	1
20	Kitanche	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1
21	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	3
Total			47
Index		Resultados	
Shannon H' Log Base 2.		4.001	
Shannon Hmax Log Base 2.		4.392	
Shannon J'		0.911	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con los datos obtenidos se tiene que este estrato arbóreo presenta alta diversidad ya que el resultado obtenido es de 4.00 y esto es entendible en virtud de que se

reporta para este la mayor cantidad de especies y estas se encuentran en buen estado de conservación. En cuanto a los datos de “J” sus valores se consideran altos con 0.911.

Tabla 4.46. Resultados para el índice de diversidad y equitatividad del estrato arbustivo en la selva mediana.

#	Estrato arbustivo	Especie	Total
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	6
2	Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>	2
3	Mahahua	<i>Hampea trilobata</i>	1
4	Nakax	<i>Coccothrinax readii</i>	1
5	Guano blanco	<i>Sabal yapa</i>	1
6	Katziin	<i>Acacia riparia</i>	2
7	Pata de vaca	<i>Bauhinia divaricata</i>	1
Total			14
Index		Resultados	
Shannon H' Log Base 2.		2.414	
Shannon Hmax Log Base 2.		2.807	
Shannon J'		0.86	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con los datos obtenidos se tiene que este estrato arbustivo en el predio de la unidad de análisis presenta baja diversidad. Es importante mencionar que en este estrato se presentan dos especies de palmas con escasa presencia, mismas que están dentro de la Norma Oficial 059-SEMARNAT-2010. En cuanto a los datos de “J” sus valores se consideran altos (0.86) por lo que las especies tienden a la equitatividad.

Tabla 4.47. Resultados para el índice de diversidad y equitatividad del estrato herbáceo en la selva mediana.

#	Estrato herbáceo	Especie	Total
1	Piper	<i>Piper amalago</i>	1
2	Anturium	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	1
3	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	4
4	Tripa del diablo	<i>Selenicereus donkelaarii</i>	6
5	Sac ak	<i>Cydista potosina</i>	4
6	Maguey morado	<i>Rhoeo discolor</i>	2
7	Chaya	<i>Cnidocolus multilobus</i>	2
8	Agave	<i>Agave angustifolia</i>	3
9	Cocolmecca	<i>Smilax mollis</i>	4
Total			27
Index		Resultados	
Shannon H' Log Base 2.		2.967	
Shannon Hmax Log Base 2.		3.17	
Shannon J'		0.936	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con los datos obtenidos, el estrato herbáceo presenta baja diversidad (2.96) y en cuanto a los datos de “J” sus valores se consideran altos ya que se obtuvo 0.936.

Índice de Valor de Importancia (IVI)

El Índice de Valor de Importancia (IVI), fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool et al (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) y Corella et al (2001). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calcula de la siguiente manera:

Para este caso específicamente del área de estudio de la unidad de análisis, se realizó la aplicación de cada una de las fórmulas para todos los parámetros en cada estrato (herbáceo, arbustivo y Arbóreo), los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 4.48** a **Tabla 4.50**.

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia, se tiene que en el estrato arbóreo las tres especies más importantes son el Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) con 32.88, seguido por el Chaca (*Bursera simaruba*) con 27.38 y en tercer lugar el chechen (*Metopium brownei*) con el 23.22. Estas tres especies es común encontrarlas en estas zonas del estado por lo que son características (**Tabla 4.48**).

Tabla 4.48. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato arbóreo.

#	Nombre común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	2.0356	2.1277	3.2258	7.3891
2	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	8.1708	12.7660	6.4516	27.3883
3	Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i>	4.0712	10.6383	6.4516	21.1612
4	Bumelia	<i>Bumelia obtusifolia</i>	1.4136	2.1277	3.2258	6.7671
5	Ciricote	<i>Cordia dodecandra</i>	2.0356	2.1277	3.2258	7.3891
6	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	14.4755	2.1277	3.2258	19.8290
7	Tzalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	8.3121	14.8936	9.6774	32.8832
8	Ramon blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	8.8352	2.1277	3.2258	14.1886
9	Bolchiche	<i>Coccoloba diversifolia</i>	2.8273	6.3830	6.4516	15.6618
10	Chukum	<i>Havardia albicans</i>	3.4210	8.5106	6.4516	18.3832
11	Verde lucero	<i>Pithecellobium leucospermum</i>	3.1807	2.1277	3.2258	8.5341
12	Boichich	<i>Coccoloba spicata</i>	3.1807	2.1277	3.2258	8.5341
13	Amate negro	<i>Ficus cotinifolia</i>	2.3890	6.3830	3.2258	11.9978
14	Chacni	<i>Calyptanthus pallens</i>	4.0712	4.2553	6.4516	14.7782
15	Sacpa	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	4.7781	4.2553	6.4516	15.4850

#	Nombre común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
16	Guayancox	<i>Exothea diphylla</i>	6.8420	2.1277	3.2258	12.1954
17	Eculub	<i>Drypetes lateriflora</i>	3.6189	2.1277	3.2258	8.9724
18	Kanazin	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	3.1807	2.1277	3.2258	8.5341
19	Caracolillo	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	4.5802	2.1277	3.2258	9.9336
20	Kitanche	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1.4136	2.1277	3.2258	6.7671
21	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	7.1671	6.3830	9.6774	23.2275
TOTAL			100.000	100.000	100.000	300.000

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

En este estrato las tres especies con más valor de importancia fueron la palma chit (*Thrinax radiata*) con el 109.56 seguido por el akitz (*Cascabela gaumeri*) con 58.75, y en tercer lugar el Sabal (*Sabal yapa*) con 32.63, estas tres especies no tienen ningún problema de adaptación en estos terrenos, por lo que se encuentran muy bien representadas en este estrato (Tabla 4.49).

Tabla 4.49. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato arbustivo.

#	N. común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	36.7113	42.8571	30.0000	109.5684
2	Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>	24.4742	14.2857	20.0000	58.7599
3	Mahahua	<i>Hampea trilobata</i>	4.7801	7.1429	10.0000	21.9230
4	Nakax	<i>Coccothrinax readii</i>	6.8834	7.1429	10.0000	24.0262
5	Guano blanco	<i>Sabal yapa</i>	15.4876	7.1429	10.0000	32.6304
6	Katziin	<i>Acacia riparia</i>	6.8834	14.2857	10.0000	31.1691
7	Pata de vaca	<i>Bauhinia divaricata</i>	4.7801	7.1429	10.0000	21.9230
TOTAL			100	100	100	300

Fuente: Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

En este estrato (Tabla 4.50) las tres especies con más valor de importancia fueron el cactus tripa del diablo (*Selenicereus grandiflorus*) con 53.50 seguido por la chaya con 51.05 (*Cnidoscolus multilobus*) y en tercer lugar el bejuco Sac ak (*Cydista potosina*) con 41.23.

Tabla 4.50. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato herbáceo.

#	N. común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Piper	<i>Piper amalago</i>	5.5188	3.7037	7.6923	16.9148
2	Anturium	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	10.8168	3.7037	7.6923	22.2128
3	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	7.9470	14.8148	7.6923	30.4541
4	Tripa del diablo	<i>Selenicereus donkelaarii</i>	15.8940	22.2222	15.3846	53.5009
5	Sac ak	<i>Cydista potosina</i>	11.0375	14.8148	15.3846	41.2370
6	Maguey morado	<i>Rhoeo discolor</i>	5.5188	7.4074	7.6923	20.6185

#	N. común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
7	Chaya	<i>Cnidocolus multilobus</i>	28.2561	7.4074	15.3846	51.0481
8	Agave	<i>Agave angustifolia</i>	7.9470	11.1111	7.6923	26.7504
9	Cocolmecca	<i>Smilax mollis</i>	7.0640	14.8148	15.3846	37.2634
TOTAL			100	100	100	300

Fuente: Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Humedal en la unidad hidrológica forestal

Como se comentó al inicio de la Caracterización, se verificaron ocho sitios en la zona asociada con el humedal (Tabla 4.42). Para este muestreo, las parcelas tienen una superficie total de 500 m². La metodología se puede consultar en el Capítulo 8 de esta MIA.

Tular. Humedal con pastizal (zacate cortadera, Typha y Carrizo) asociado con mangle disperso

Es una comunidad de plantas acuáticas, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras, en sitios con climas desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos. Las plantas de esta comunidad viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando prácticamente un solo estrato herbáceo de 80 cm hasta 2.5 m de altura.

Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha sp.*), y tulinillo (*Scirpus sp.*), pero también incluye los llamados carrizales de *Phragmites communis* y *Arundo donax* y los “saibadales” de *Cladium jamaicense* del sureste del país.

En general tanto el tular forma parte de las zonas inundables de la cuenca 32A, representando una menor proporción que a decir verdad en la escala a la que se presenta la serie VI, no son cartografiables.

Sin embargo, parte del proyecto el cual que pretende desarrollarse será sobre este tipo de vegetación en la porción oeste colindante a la ciudad de Cancún en la cuenca 32A y que por su ubicación resulta de importancia ya que se manifiestan procesos en cuanto al estado de desarrollo que guarda dicha vegetación. Así la primera corresponde con un rodal de selva mediana subperennifolia que colinda con la glorieta de Av. Tulum y el inicio de la avenida Bonampak en donde se conectará la vialidad, sujeta a condiciones naturales; en tanto que la segunda corresponde a un humedal con pastizal (zacate cortadera, *Typha* y

Carrizo) asociado con mangle disperso en donde se han se han llevado a cabo modificaciones importantes derivadas de rellenos con material calcáreo. Los cuales han sido producto de los desmontes colindantes a las áreas urbanas.

Asimismo, se han tenido afectaciones de carácter natural, originadas por el paso de fenómenos hidrometeorológicos como fue el caso del huracán Wilma (2005), mismo que afectó seriamente los humedales y comunidades costeras del norte de la Entidad.

Toda esta zona presenta características que favorecen su inundación temporal en algunas secciones y permanente en otras, por lo que la cobertura vegetal corresponde con una abundancia de plantas tolerantes a esta misma condición, por lo que se desarrolla la Vegetación acuática facultativa, que para el predio está integrada por saibales y pequeños rodales mangle mixto. A continuación, en la (**Tabla 4.51**), se presenta el listado de especies asociadas con el humedal.

Tabla 4.51. Especies presentes en el área del humedal del proyecto por estratos.

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	chaca	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae
2	chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae
3	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotaceae
4	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae
5	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	Combretaceae
6	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	Combretaceae
7	Mangle negro	<i>Avicennia germinans</i>	Verbenaceae
8	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	Rhizophoraceae
Estrato arbustivo			
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae
2	Dzidzilche	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Polygonaceae
3	Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	Arecaceae
Estrato herbáceo			
1	Pasto	<i>Panicum amarum</i>	Poaceae
2	Zacate cortadera	<i>Cladium jamaicense</i>	Cyperaceae
3	Carrizo	<i>Phragmites communis</i>	Poaceae
4	Elocharis	<i>Eleocharis cellulosa</i>	Cyperaceae
#	Nombre común	Especie	Familia
5	Helecho de manglar	<i>Acrostichum danaeifolium</i>	Polypodiaceae
6	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Acanthaceae
7	Pasto salado	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae
8	Tomatillo	<i>Solanum hirtum</i>	Solanaceae

9	Typha	<i>Typha domingensis</i>	Typhaceae
10	Tulipan	<i>Malva viscosus arboreus</i>	Malvaceae
11	Xiat	<i>Chamaedorea seifrizii</i>	Arecaceae

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Del listado presentado en la (Tabla 4.51), a continuación (Tabla 4.52), se presentan las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 4.52. Especies con categoría de riesgo de la unidad de análisis y su distribución de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT -2010.

Nombre científico	Nombre común	Estrato	Categoría de riesgo y distribución de acuerdo a la NOM-059-2010
Palma chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arbustivo	Amenazada no endémica
Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	Arbóreo arbustivo	Amenazada no endémica
Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	Arbóreo arbustivo	Amenazada no endémica
Mangle negro	<i>Avicennia germinans</i>	Arbóreo arbustivo	Amenazada no endémica
Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	Arbóreo arbustivo	Amenazada no endémica

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Análisis de diversidad de la vegetación

Tal como se realizó el análisis de la vegetación asociada con la zona de influencia directa del Proyecto, se realizó para el humedal en los tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo) a través de los índices de diversidad (preferentemente valor de importancia e índice de diversidad de Shannon-Wiener), asimismo se calculó el índice de equitatividad. Los resultados por estrato se presentan en la Tabla 4.53.

De acuerdo con los datos obtenidos, los resultados indican que se trata de un estrato arbóreo con baja diversidad (Tabla 4.53), ya que el resultado obtenido es de 1.92; en cuanto a los datos de “J” sus valores se consideran moderadamente altos con 0.642.

Tabla 4.53. Resultados para el índice de diversidad y equitatividad del estrato arbóreo en el humedal.

#	Nombre común	Especie	Total
1	chaca	<i>Bursera simaruba</i>	1
2	chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	36
3	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	1
4	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	2
5	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	1
6	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	22
7	Mangle negro	<i>Avicennia germinans</i>	1
8	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	13
Total			77
Index		Resultados	

#	Nombre común	Especie	Total
	Shannon H' Log Base 2.		1.925
	Shannon Hmax Log Base 2.		3
	Shannon J'		0.642

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con los datos obtenidos, este estrato arbustivo en la unidad de análisis presenta baja diversidad (1.29). Es importante mencionar que en este estrato se presentan dos especies de palmas con escasa presencia, misma que una de ellas (*Thrinax radiata*) está dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. En cuanto a los datos de “J” sus valores se consideran altos (0.81) por lo que las especies tienden a la equitatividad (**Tabla 4.54**).

Tabla 4.54. Resultados para el índice de diversidad y equitatividad del estrato arbustivo en el humedal.

#	Nombre común	Especie	Total
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	7
2	Dzidzilche	<i>Gymnopodium floribundum</i>	1
3	Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	5
Total			13
Index		Resultados	
Shannon H' Log Base 2.		1.296	
Shannon Hmax Log Base 2.		1.585	
Shannon J'		0.818	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

De acuerdo con los datos obtenidos, el estrato herbáceo en el predio de la unidad de análisis, presenta baja diversidad ya que el resultado obtenido es de 1.65. En cuanto a los datos de “J” sus valores se consideran bajos también ya que el valor obtenido fue de 0.47 (**Tabla 4.55**).

Tabla 4.55. Resultados para el índice de diversidad y equitatividad del estrato herbáceo en el humedal.

#	Estrato herbáceo	Especie	Total
1	Pasto	<i>Panicum amarum</i>	19
2	Zacate cortadera	<i>Cladium jamaicense</i>	860
3	Carrizo	<i>Phragmites communis</i>	20
4	Elocharis	<i>Eleocharis cellulosa</i>	150
5	Helecho de manglar	<i>Acrostichum danaeifolium</i>	6
6	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	7

7	Pasto salado	<i>Distichlis spicata</i>	11
8	Tomatillo	<i>Solanum hirtum</i>	35
9	Typha	<i>Typha domingensis</i>	160
10	Tulipán	<i>Malva viscosus arboreus</i>	3
11	Xiat	<i>Chamaedorea seifrizii</i>	8
Total			1279
Index		Resultados	
Shannon H' Log Base 2.		1.652	
Shannon Hmax Log Base 2.		3.459	
Shannon J'		0.477	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

IVI=Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa

De acuerdo con el valor obtenido para el Índice de Valor de Importancia, en el estrato arbóreo las tres especies más importantes son el chechem (*Metopium brownei*) con el 97.00, seguido por el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) con 82.59 y en tercer lugar el Mangle rojo (*Rhizophora mangle*) 64.09 (Tabla 4.56).

Tabla 4.56. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato arbóreo.

#	Nombre común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	1.1322	1.2987	3.8462	6.2771
2	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	27.1739	46.7532	23.0769	97.0041
3	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	1.1322	1.2987	3.8462	6.2771
4	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	1.6304	2.5974	3.8462	8.0740
5	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	5.4801	1.2987	3.8462	10.6249
6	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	23.1884	28.5714	30.7692	82.5291
7	Mangle negro	<i>Avicennia germinans</i>	19.9728	1.2987	3.8462	25.1177
8	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	20.2899	16.8831	26.9231	64.0960
TOTAL			100.000	100.000	100.000	300.000

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Para el estrato arbustivo, se presentan los resultados en la Tabla 4.57. En este estrato las tres especies con más valor de importancia fueron la palma chit (*Thrinax radiata*) con el 155.76, seguido por el Tasiste (*Acoelorrhaphe wrightii*) con 108.80 y en tercer lugar el Dzidzilche (*Gymnopodium floribundum*) con 35.43.

Tabla 4.57. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato arbustivo.

#	N. común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	61.9195	53.8462	40.0000	155.7657

2	Dzidzilche	<i>Gymnopodium floribundum</i>	7.7399	7.6923	20.0000	35.4322
3	Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	30.3406	38.4615	40.0000	108.8021
TOTAL			100	100	100	300

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Para el estrato herbáceo, en la **Tabla 4.58**. se presentan los resultados correspondientes. En este estrato las tres especies con más valor de importancia fueron el Xiat (*Chamaedorea seifrizii*) con 75.35, seguido por el tomatillo (*Solanum hirtum*) con 40.62 y en tercer lugar la Typha (*Typha domingensis*) con 27.55.

Tabla 4.58. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato herbáceo.

#	Nombre común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Pasto	<i>Panicum amarum</i>	1.4423	1.4855	3.5714	6.4993
2	Zacate cortadera	<i>Cladium jamaicense</i>	12.8205	67.2400	17.8571	97.9177
3	Carrizo	<i>Phragmites communis</i>	2.5641	1.5637	3.5714	7.6993
4	Eleocharis	<i>Eleocharis cellulosa</i>	0.6410	11.7279	3.5714	15.9404
5	Helecho de manglar	<i>Acrostichum danaeifolium</i>	2.5641	0.4691	3.5714	6.6046
6	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	4.0064	0.5473	3.5714	8.1251
7	Pasto salado	<i>Distichlis spicata</i>	1.4423	0.8600	3.5714	5.8738
8	Tomatillo	<i>Solanum hirtum</i>	20.0321	2.7365	17.8571	40.6257
9	Typha	<i>Typha domingensis</i>	4.3269	12.5098	10.7143	27.5510
10	Tulipán	<i>Malvaviscus arboreus</i>	4.0064	0.2346	3.5714	7.8124
11	Xiat	<i>Chamaedorea seifrizii</i>	46.1538	0.6255	28.5714	75.3508
TOTAL			100	100	100	300

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

4.3.2.5.2 Caracterización de la vegetación en la ZID del Proyecto

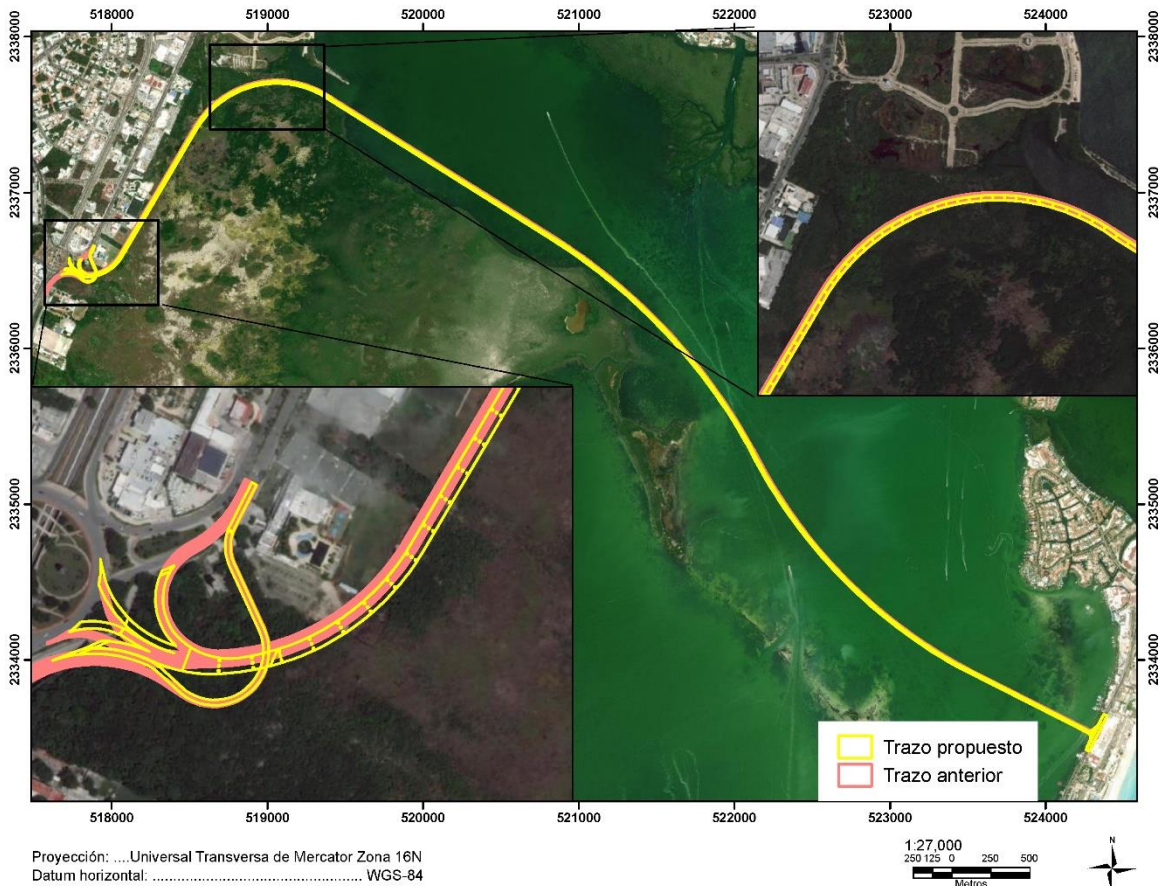
La caracterización de la vegetación con precisión mayor, fue un requisito para este proyecto, considerando la necesidad de identificación del tipo de vegetación y la densidad de la misma, con la finalidad de poder estimar de manera más particular la vegetación que resultaría afectada por las obras temporales y permanentes asociadas con el Proyecto; es por ello que, se hizo un análisis más específico de la vegetación asociada con el trazo del Proyecto a la fecha del estudio. En la **Figura 4.203**, se presenta una imagen en la que se muestra la huella del trazo con el que se trabajó para la realización del ETJ y el trazo que

se somete a evaluación, como se puede observar, la diferencia entre ambos es mínima, por lo que no se considera que haya una diferencia considerable en los resultados obtenidos.

En la **Figura 4.204**, se presenta la distribución de la vegetación reconocida en la Serie VI de INEGI y los sitios de muestreo (tres en selva y ocho en el humedal). En la

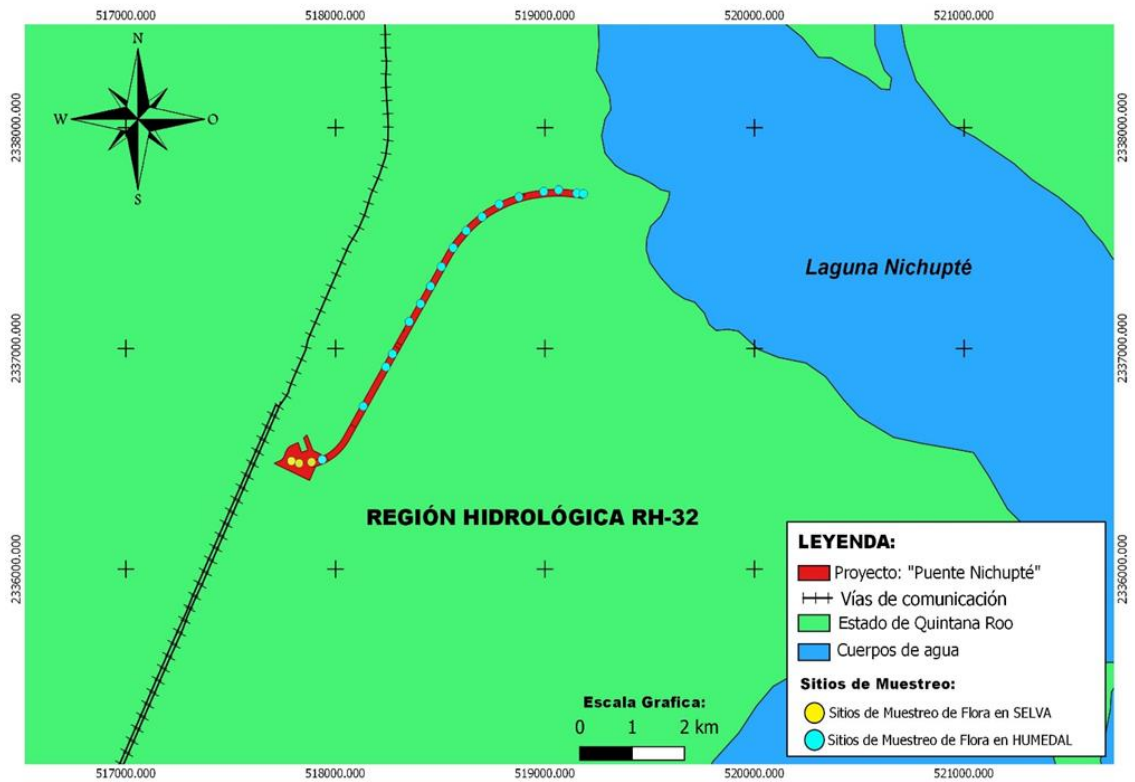
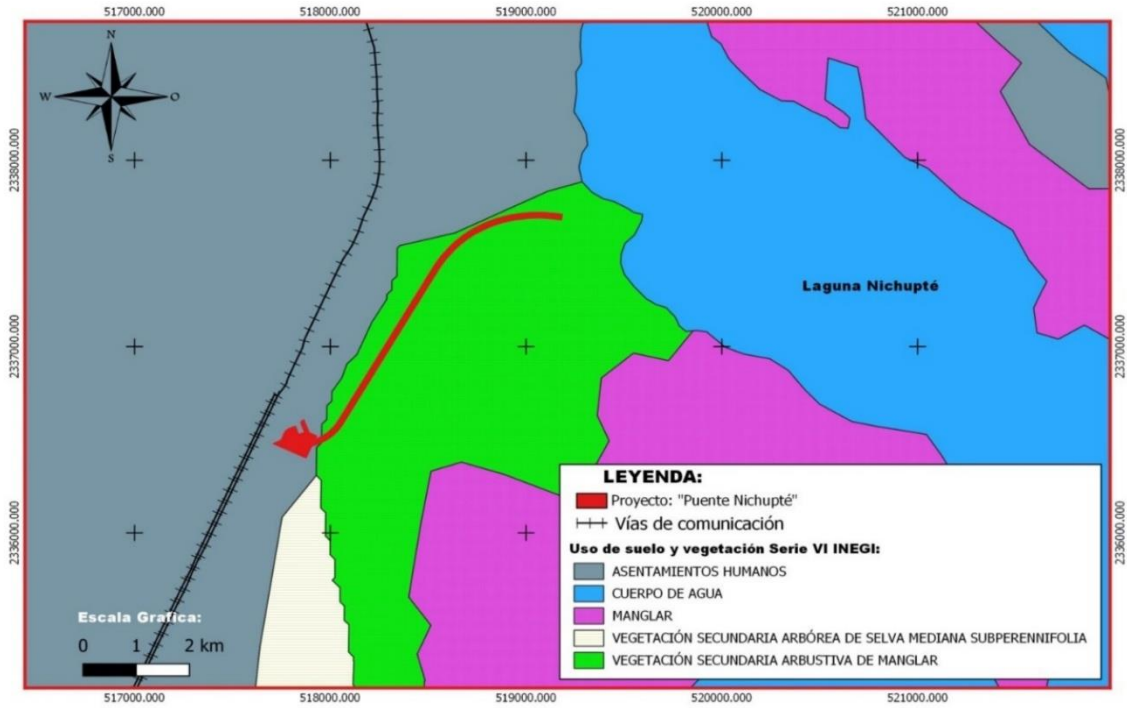
Figura 4.205, **Tabla 4.59** y **Tabla 4.60**, se presenta la distribución y superficie de la vegetación asociada con el trazo del Proyecto (sus características se presentan más adelante en este apartado). En la **Figura 4.206**, se presentan imágenes del aspecto de la vegetación para las diferentes asociaciones.

Figura 4.203. Comparación del trazo final del Proyecto y el trazo con el que se realizó el estudio.



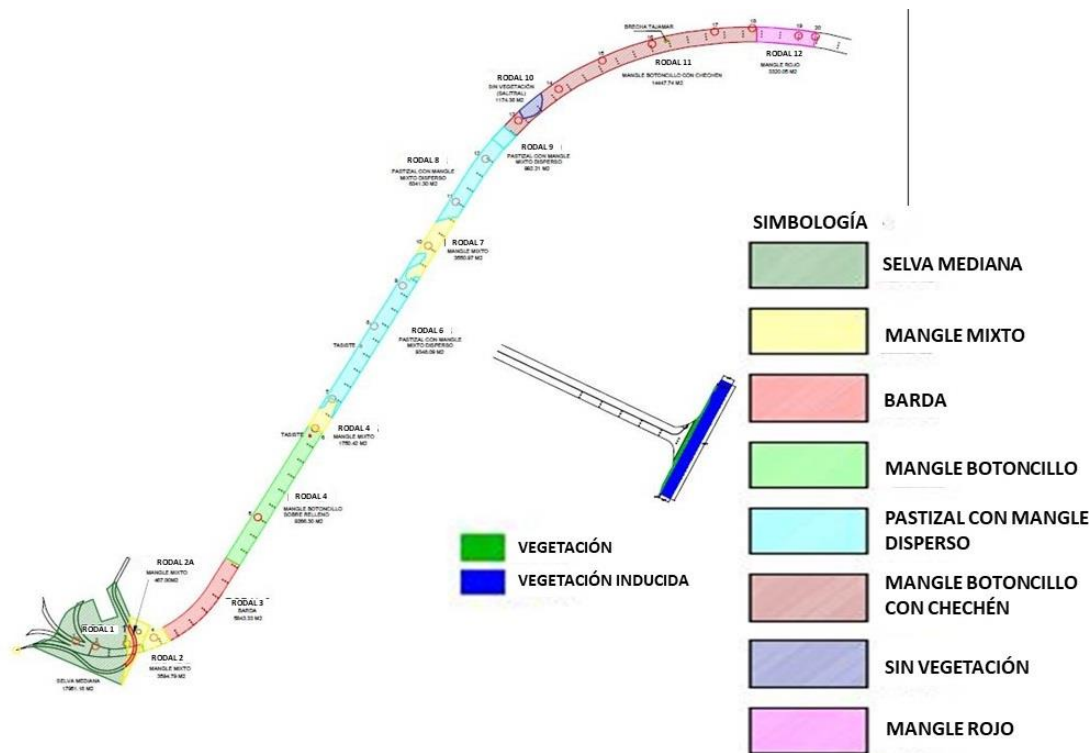
Fuente: GPPA con datos de AGEPRO.

Figura 4.204. Vegetación de acuerdo con la Serie VI de INEGI (arriba), sitios de muestreo asociados con el trazo del Proyecto (abajo).



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Figura 4.205. Vegetación presente en la ZID del Proyecto.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021), modificado por GPPA.

Tabla 4.59. Coordenadas de sitios de muestreo.

Sitio	Coordenadas UTM	
	X	Y
Vegetación de selva		
1	517790	2336490
2	517827	2336480
3	517886	2336485
Sitio	Coordenadas UTM	
	X	Y
Vegetación de humedal		
4	517937	2336497
5	518133	2336738
6	518241	2336916
7	518273	2336975
8	518352	2337121
9	518406	2337202
10	518454	2337282
11	518506	2337370
12	518562	2337456
13	518624	2337533
14	518700	2337596

Sitio	Coordenadas UTM	Sitio
15	518782	2337653
16	518876	2337686
17	518994	2337711
18	519065	2337718
19	519152	2337703
20	519184	2337701
21	524317	2333527

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Tabla 4.60. Caracterización de la vegetación asociada con el trazo del Proyecto.

Concepto		Superficie M2	(has.)	%
Selva mediana subperennifolia	Mediana subperennifolia/vegetación secundaria arbórea (colindante a la glorieta)	17,951.18	1.8	22.22
	Mediana subperennifolia/vegetación secundaria arbórea (Barda escolar)	4,583.81	0.46	5.68
	Área verde jardinada con especies arbóreas frente a la plaza Kukulcan.	1,589.86	0.16	1.98
	Subtotal	24,124.85	2.42	29.88
Humedal	Mangle mixto	9,266.35	0.93	11.48
	Pastizal aguada (barda del centro educativo)	2,541.66 m2	0.25	3.09
	Mangle botoncillo con chechem sobre área de relleno del centro educativo	9,288.11	0.93	11.48
	Pastizal con mangle mixto disperso	16,617.70	1.66	20.49
	Área sin vegetación (salitral)	1,178.81	0.12	1.48
	Mangle botoncillo con chechem	14,563.56	1.45	17.90
	Mangle rojo.	3,430.31	0.34	4.20
Subtotal		56,886.50	5.68	70.12
Total		81,011.35 m2	8.10	100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Figura 4.206. Aspecto de la vegetación asociada con el Proyecto.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Selva mediana subperennifolia

Durante el recorrido realizado a lo largo de la brecha y vialidad colindante, pasando por la infraestructura ya establecida, se observó que la vegetación natural ha sido transformada acorde a las necesidades y servicios que demanda la zona urbana de la ciudad de Cancún, es por esta razón que la vegetación original de selva que reportan los distintos autores para el tramo de la vialidad, se ha venido reemplazando por diferentes asociaciones vegetales a causa de las diferentes acciones, como es el desmonte de áreas para el establecimiento de nuevos proyectos y efecto de orilla principalmente, así como, por el tiradero clandestino de basura.

Tal es el caso para la zona donde pasaría El Proyecto, de acuerdo con la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie VI (INEG 2017) y las observaciones realizadas, este rodal de vegetación corresponde con una sucesión secundaria arbórea derivada de la selva mediana subperennifolia (es decir selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea y arbustiva) y que fue seriamente modificada por diferentes actividades a través de

los años; misma que fue abandonada y desde entonces ha prosperado una asociación selvática. No obstante, esta ha sido objeto de modificaciones de carácter natural debido al crecimiento de la infraestructura urbana y a los efectos de tormentas y huracanes que se han manifestado en la región. De esta manera, se considera que este ecosistema en sí, corresponde con una fase o etapa sucesional avanzada de recuperación de una vegetación de características más alta y con elementos de tipo corpulento que se observan de forma aislada como es el caso del chicozapote (*Manilkara zapota*). Por otra parte, la superficie que se afectará para el establecimiento del proyecto es de 1.795 (1.80) hectáreas. En la **Figura 4.207**, se muestra el aspecto de la vegetación para esta asociación vegetal.

Figura 4.207. Aspecto de la vegetación de selva.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

A diferencia de los parámetros de altura que se manifiestan en la serie VI, INEG 2017, para este tipo de vegetación, esta se ha definido como selva mediana debido a que tiene una dominancia de elementos que alcanzan entre 6 y los 8 m, de altura y posiblemente existen árboles un poco más altos que sobresalen del dosel, así mismo se ha aplicado el término subperennifolia debido a que entre el 25 al 50% de las especies tiran sus hojas durante la temporada seca del año (Pennington y Sarukhán 1968).

Actualmente se observó en esta zona una selva mediana con vegetación secundaria arbórea con alturas de 6 a 8 m y posiblemente algunos individuos más altos y diámetros entre 5 y 36 cm., donde los componentes principales por número de individuos son el chacá (*Bursera simaruba*), el Chechen (*Metopium brownei*), el tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), el ya'axnic (*Vitex gaumeri*), y el caracolillo (*Sideroxylon foetidissimum*), así también el sacpa (*Byrsonima bucidifolia*) y además de la presencia de la palma chit (*Thrinax radiata*) especie

incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la presencia de algunos relictos de chicozapote (*Manilkara zapota*).

Así mismo, los impactos ocasionados en años anteriores por los huracanes se hacen presentes en la vegetación, se observa la presencia de árboles caídos, muertos en pie y en muchos de los casos descopados.

Esta asociación vegetal en el área de estudio se constituye como una comunidad de tipo arbóreo-arbustiva (vegetación secundaria arbórea), la altura en general varía entre los 6 y 8 m en proceso de degradación debido al acumulamiento de basura en general (residuos plásticos). En general, presenta una estructura semi abierta en donde la gran mayoría de los elementos arbóreos que la integran se ubican dentro de las categorías de 5 a 36 cm de DAP y con árboles mucho más corpulentos, pero de tipo aislado, como es el caso del chicozapote entre otros. De acuerdo al listado florístico presentado por estratos, esta asociación se caracteriza por la presencia de al menos 23 especies distribuidas en 19 familias sobresaliendo las especies perennifolias como la guaya (*Melicoccus oliviformis*), el ramón (*Brosimum alicastrum*) y el chicozapote (*Manilkara zapota*) entre otros. Además de aquellos elementos caducifolios como son el chacá (*Bursera simaruba*), el jabin (*Piscidia piscipula*), tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) y ya'axnic (*Vitex gaumeri*), entre otros.

Esta asociación presenta un estrato medio-alto (arbóreo) de entre 5 a 8 m de altura en donde se observan individuos de las especies de chechen (*Metopium brownei*), chaca (*Bursera simaruba*), Jabin (*Piscidia piscipula*), huaya (*Melicoccus oliviformis*), el ramón (*Brosimum alicastrum*) y el chicozapote (*Manilkara zapota*), así también el ficus (*Ficus cotinifolia*) que generalmente se presenta con dos o tres individuos por surco. La estructura horizontal se complementa con un estrato arbustivo entre 2.1 a 4.9 m, con presencia de especies como, sisilche (*Gymnopodium floribundum*), akitz (*Cascabela gaumeri*), chucum (*Havardia albicans*), palma chit (*Thrinax radiata*) entre otros; finalmente se tiene el estrato herbáceo-arbustivo que va de nivel del suelo hasta los 1.9 m. compuesto por la regeneración de los adultos presentes, además de la palma xiat (*Chamaedorea seifrizii*), el tulipán (*Malvaviscus arboreus*) y la presencia de bejucos como el yac ak (*Arrabidaea podopogon*) y el cocolmecha (*Smilax mollis*) entre otros.

Una característica adicional de esta vegetación es la abundancia de la palma chit (*Thrinax radiata*) especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Con relación a las epífitas, es importante mencionar para el predio del Proyecto, durante los recorridos para la toma de datos de vegetación, no se observó la presencia de orquídeas y bromelias, por lo que en este caso no se proponen como especies a reubicar.

Es importante mencionar que en la medida que la vegetación del humedal se hace presente la vegetación de selva se torna con menor altura y se observan especies como el chucum (*Havardia albicans*), el sacpa (*Byrsonima bucidifolia*) y debido a la intervención humana se observaron al menos dos surcos de bambú.

Los factores físicos que condicionan la distribución de esta asociación corresponden con la presencia de suelos ligeramente evolucionados, rocosos, así como presencia de materia orgánica en descomposición. El suelo en el área es de tipo tzekele (Litosol-Rendzinas), con afloramiento de roca, por lo que presenta muy fácil drenaje aún durante la época lluviosa del año (**Figura 4.208**).

A pesar de las consideraciones antes referidas, debe mencionarse, que este tipo de vegetación de acuerdo con la normatividad vigente sigue siendo una asociación forestal con grado de selva (vegetación secundaria arbórea y arbustiva).

Figura 4.208. Condición de la vegetación próxima al humedal.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

A continuación, en la (**Tabla 4.61**), se presenta el listado de especies identificadas para el estrato arbóreo en la selva asociada con la ZII del Proyecto.

Tabla 4.61. Especies presentes en la selva de la ZID del Proyecto para los tres estratos.

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Amate negro	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae
2	Caracolillo	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Sapotaceae
3	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae
4	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae
5	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae
6	Chukum	<i>Havardia albicans</i>	Fabaceae
7	Guayancox	<i>Exothea diphylla</i>	Sapindaceae
8	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae
9	Maculis	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignonaceae
10	Ramon blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae
11	Sacpa	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	Malpighiaceae
12	Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	Hippocrataceae
13	Tzalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Fabaceae
14	Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbanaceae
Estrato arbustivo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae
2	Guano blanco	<i>Sabal yapa</i>	Palmae
3	Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>	Apocynaceae
Estrato herbáceo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Bejuco morinda	<i>Morinda royoc</i>	Rubiaceae
2	Cocolmeca	<i>Smilax mollis</i>	Smilacaceae
3	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Acanthaceae
4	Maguey morado	<i>Rhoeo discolor</i>	Commelinaceae
5	Yax ak	<i>Arrabidaea podopogon</i>	Bignoniaceae

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

En la **Tabla 4.62**, se presentan los datos a partir de los cuales se determinaron los índices de diversidad y equitatividad.

Tabla 4.62. Diversidad de Shannon _Weiner y valor de Equitatividad (J) para el estrato arbóreo asociado con la ZID.

#	Estrato arbóreo	Especie	Total
1	Amate negro	<i>Ficus cotinifolia</i>	4
2	Caracolillo	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	6
3	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	11
4	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	9
5	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	2
6	Chukum	<i>Havardia albicans</i>	2
7	Guayancox	<i>Exothea diphylla</i>	1
8	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	1
9	Maculis	<i>Tabebuia rosea</i>	1
10	Ramon blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	2
11	Sacpa	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	12
12	Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	1
13	Tzalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	7
14	Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i>	7
Total			66
Index		Resultados	
Shannon H' Log Base 2.		3.341	
Shannon Hmax Log Base 2.		3.807	
Shannon J'		0.878	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con los datos obtenidos, este estrato arbóreo presenta buena diversidad (3.34) y esto es entendible en virtud de que se reporta para este, la mayor cantidad de especies aun cuando estas se encuentran en proceso de deterioro debido a la presencia de basura (residuos plásticos etc.). En cuanto a los datos de “J” sus valores se consideran altos con 0.878.

IVI = Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa.

En la **Tabla 4.63**, se presentan los resultados para el índice de valor de importancia para el estrato arbóreo.

Tabla 4.63. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato arbóreo en la ZII del proyecto.

#	Nombre común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Álamo	<i>Ficus cotinifolia</i>	4.594	6.0606	4.1667	14.8211
2	Caracolillo	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	1.288	9.0909	4.1667	14.5451

#	Nombre común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
3	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	15.451	16.6667	12.5000	44.6173
4	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	5.770	13.6364	12.5000	31.9065
5	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	16.818	3.0303	8.3333	28.1813
6	Chukum	<i>Havardia albicans</i>	6.231	3.0303	8.3333	17.5948
7	Guayancox	<i>Exothea diphylla</i>	3.577	1.5152	4.1667	9.2584
8	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	4.594	1.5152	4.1667	10.2757
9	Maculis	<i>Tabebuia rosea</i>	5.150	1.5152	4.1667	10.8320
10	Ramón blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	11.477	3.0303	8.3333	22.8403
11	Sacpa	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	3.847	18.1818	8.3333	30.3619
12	Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	1.590	1.5152	4.1667	7.2714
13	Tzalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	11.477	10.6061	8.3333	30.4161
14	Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i>	8.139	10.6061	8.3333	27.0780
Total			100.000	100.000	100.000	300.000

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia, se tiene que en el estrato arbóreo las tres especies más importantes son el chacá (*Bursera simaruba*) con 44.61, seguido por el Chechen negro (*Metopium brownei*) con 31.90 y en tercer lugar el Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) con 30.41, estas tres especies es muy común encontrarlas en la selva en estas zonas del estado por lo que son características.

Para el estrato arbustivo, en la **Tabla 4.64**, se presentan los resultados e índices de diversidad y equitatividad.

Tabla 4.64. Diversidad de Shannon _Weiner y valor de Equitatividad (J) para el estrato arbustivo asociado con la ZID.

#	Estrato arbustivo	Especie	Total
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	3
2	Guano blanco	<i>Sabal yapa</i>	22
3	Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>	5
Total			30
Index		Resultados	
Shannon H' Log Base 2.		1.091	
Shannon Hmax Log Base 2.		1.585	
Shannon J'		0.688	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con los datos obtenidos para este estrato en la ZII del proyecto, presenta baja diversidad (1.09). Es importante mencionar que se presenta la palma chit, con abundante

presencia misma que está dentro de la NOM-059-SEMARNAT-059 y que para este caso se aplicará un programa de rescate. En cuanto a los datos de “J” sus valores se consideran moderados con (0.688). Con respecto al IVI, en la **Tabla 4.65**, se presentan los resultados para cada una de las especies.

Tabla 4.65. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato arbustivo en la ZID del proyecto.

#	N. común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	34.803	73.3333	50.0000	158.1361
2	Guano blanco	<i>Sabal yapa</i>	46.404	16.6667	16.6667	79.7370
3	Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>	18.794	10.0000	33.3333	62.1268
Total			100	100	100	300

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

En este estrato las tres especies con mayor valor de importancia fueron la palma Chit (*Thrinax radiata*) con 158.13, seguido por el guano blanco (*Sabal yapa*) con 79.73 y en tercer lugar el Akitz (*Cascabela gaumeri*) con 62.12. Estas tres especies son comunes y no tienen ningún problema de adaptación en estos terrenos, por lo que las especies se encuentran muy bien representadas en este estrato. Además, se pretende la aplicación de un programa de rescate (las medidas se incluyen en el capítulo 6 de esta MIA).

Para el estrato herbáceo, en la **Tabla 4.66**, se presentan los resultados para la diversidad y equitatividad.

Tabla 4.66. Diversidad de Shannon _Weiner y valor de Equitatividad (J) para el estrato herbáceo asociado con la ZID.

#	Estrato herbáceo	Especie	Total
1	Bejuco morinda	<i>Morinda royoc</i>	3
2	Cocolmeca	<i>Smilax mollis</i>	1
3	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	5
4	Maguey morado	<i>Rhoeo discolor</i>	2
5	Xnantus	Xnantus sp	1
6	Yax ak	<i>Arrabidaea podopogon</i>	2
Total			14
Index		Resultados	
Shannon H' Log Base 2.		2.353	
Shannon Hmax Log Base 2.		2.585	
Shannon J'		0.91	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con los datos obtenidos, se tiene que este estrato herbáceo presenta baja diversidad, ya que el resultado obtenido es de 2.35. En cuanto a los datos de “J” sus valores se consideran altos con 0.91.

Los resultados del índice de valor de importancia, se presentan en la **Tabla 4.67**.

Tabla 4.67. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato herbáceo en la ZID del proyecto

#	Nombre común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Bejuco morinda	<i>Morinda royoc</i>	11.111	21.4286	16.6667	49.2063
2	Cocolmecca	<i>Smilax mollis</i>	11.111	7.1429	16.6667	34.9206
3	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	30.864	35.7143	16.6667	83.2451
4	Maguey morado	<i>Rhoeo discolor</i>	11.111	14.2857	16.6667	42.0635
5	Xnantus	<i>Xnantus sp</i>	4.938	7.1429	16.6667	28.7478
6	Yax ak	<i>Arrabidaea podopogon</i>	30.864	14.2857	16.6667	61.8166
Total			100	100	100	300

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

En este estrato las tres especies con mayor valor de importancia fueron el Julub (*Bravaisia tubiflora*) con 83.24, especie propia de las zonas que presentan periodos de inundación ya que esta se observó cerca del bajo inundable, seguido por el Yax ak (*Arrabidaea podopogon*) con 61.81 y en tercer lugar el, Bejuco morinda (*Morinda royoc*). Así también, se pretende la aplicación de un programa de rescate.

Humedal

Mangle mixto

El manglar es la vegetación característica de ambientes costeros tropicales en todo el mundo y son especies vegetales capaces de tolerar rangos variables de salinidad y distintos niveles de inundación, de tal forma que la sal es absorbida por las raíces de las plantas y eliminadas a través de las hojas, por esta razón las asociaciones vegetales de estos ecosistemas costeros así como su distribución está influenciada por un conjunto de parámetros físicos y químicos dentro de los que podemos mencionar la temperatura ambiental (se requiere de una temperatura media anual de 20+-5° en el mes más frío), agua salobres, sedimentos finos tipo aluvión costas protegidas del oleaje y mareas de cierta amplitud.

Los atributos antes mencionados conforman un mosaico de ambientes que definen la distribución de las diferentes especies de mangle de las cuales se puede observar en los diferentes rodales a lo largo de la vialidad propuesta del predio en al menos tres de las cuatro especies presentes en la península de Yucatán y que son el mangle botoncillo

(*Conocarpus erectus*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*).

Es importante mencionar que este tipo de vegetación se distribuye en pequeñas franjas, asociadas a zacate cortadera (*Cladium jamaicense*) y ya que se presentan en suelos con relativa elevación respecto al cuerpo lagunar se observan especies como el chechem (*Metopium brownei*) así se puede verificar en los sitios de muestreo levantados en los rodales correspondientes (sitio 4 y 10), véase plano de caracterización **Figura 4.204**, **Figura 4.205** y **Tabla 4.59**).

Así también de acuerdo con el recorrido sobre la vialidad propuesta se observó que los rodales de mangle mixto se distribuyen en una franja de terreno que se ubica por debajo del nivel medio del mar y sujeta a periodos de inundación intermitente en donde se observa la presencia de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) asociado a especies como zacate cortadera (*Cladium jamaicense*). Finalmente se pueden diversificar integrando diferentes especies determinadas por los niveles de inundación y salinidad a los que se encuentran expuestos como es el caso del mangle blanco con escasa presencia, el helecho del manglar y la *Typha domingensis* (**Figura 4.209**).

En total se puede mencionar que estos tres pequeños rodales que forman el mangle mixto en el área del proyecto cuentan con una superficie 9,363.92 m². (0.936 has).

Figura 4.209. Aspecto de la condición de la vegetación en el humedal con presencia de mangle.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Barda del centro educativo

El constante crecimiento de la ciudad de Cancún ha generado desde los años 80 gran actividad de desmonte y la creación de grandes áreas de bancos de materiales pétreos para el relleno de la ciudad, tal es el caso del tramo de la glorieta (Av. Tulum) y el inicio de la avenida Bonampak en donde actualmente se ubica el Club deportivo Casa blanca esta institución hacia el 2000 - 2005 fue construida y rellenadas sus áreas deportivas por lo que la parte trasera existe un malla ciclónica que delimita dicha institución la cual se observa con poca vegetación y sobre esta se proyecta el trazo de la vialidad (**Figura 4.210**), esta cubre una superficie de 5,843.33 m² (0.584 has). Se reconoce la presencia de saibadales de *Cladium jamaicense* y *Typha domingensis*, así como, la presencia de vegetación de selva representada principalmente por la palma chit (*Thrinax radia*) y en muy poca presencia la palma nakas (*Coccothrinax radiata*), así como elementos de chicozapote (*Manilkara zapota*), chechem (*Metopium brownei*), Uvilla (*Coccoloba diversifolia*) y algunos elementos de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), asociado a Chechem (*Metopium Brownei*).

Figura 4.210. Aspecto de la sección trasera de la franja de colegios en la Av. Bonampak.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Mangle botoncillo con chechen sobre área de relleno del centro educativo

Continuando con la vialidad y colindante al club deportivo se ubica la Universidad Tec Milenium Campus Cancún que de igual forma esta zona fue rellenada, a diferencia del club el área que fue desmontada quedo fuera de sus límites, sin embargo sobre esta zona (camellón) se ha desarrollado vegetación de mangle mixto (**Figura 4.211**) el cual se compone principalmente de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), asociado a Chechem (*Metopium Brownei*), así como zacate cortadera, (*Cladium jamaicense*), Carrizo (*Phragmitis communis*) y Julub (*Bravaisia tubiflora*) (sitio 5) esta superficie cuenta con 9,266.30 m² (0.926 has).

Figura 4.211. Condición de la vegetación detrás de la infraestructura próxima a la glorieta Kabah y Blvd. Colosio.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con la información presentada en el apartado 4.3.2.1., (Pérez-Villegas, 2000), en esta zona existía una franja de manglar que fue removida en su mayoría para la construcción de toda la infraestructura a lo largo de esa zona, por lo que, el mangle existente es remanente de un área previamente perturbada por acciones de desmonte y relleno que han sido modificados en su cobertura vegetal y desconectados en su hidrología.

Tular - Pastizal con mangle mixto disperso

De acuerdo con la guía para la interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie V, INEGI 2014. Es una comunidad de plantas acuáticas, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras, en sitios con climas desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos. Las plantas de esta comunidad viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando prácticamente un solo estrato herbáceo de 80 cm hasta 2.5 m de altura.

Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha ssp*), y tulillo (*Scirpus spp*), también incluye los llamados carrizales de *Phragmites communis* y *Arundo donax* y los “saibadales” de *Cladium jamaicense* del sureste del país.

Los “saibadales” de *Cladium jamaicense* (Tular o pastizal aguada) con elementos de mangle mixto disperso (botoncillo y rojo) también encuentra su distribución dentro del trazo del predio de interés, por lo que de acuerdo con Miranda (1958) es una agrupación de hidrofitos. Se integra de una serie de asociaciones que designa con el nombre común que los nativos aplican a la planta más representativa y que se ubican en zonas inundables temporalmente (tule). Las asociaciones que se forman son ocasionalmente de considerables extensiones tal como sucede en la zona de la costa del estado de Quintana Roo. De acuerdo con Olmsted *et al.* (1983) se les clasifica a estas asociaciones como marismas de zacates, a las áreas cubiertas por saibadales, tulares, carrizales y/o manglar.

Para el trazo del Proyecto en particular, esta asociación se compone principalmente de especies de la familia de las ciperáceas, (*Cladium jamaicense*) y *Eleocharis cellulosa*, esta última forma pequeños parches distribuidos paralelos al trazo asociándose con otras especies. Este tipo de vegetación corresponde con una amplia planicie baja y sujeta a inundación intermitente localizada hacia la parte de atrás del manglar de franja lagunar. Es una comunidad integrada por cuantiosos individuos de *Cladium jamaicense* (zacate

cortadera), (sitios de muestreo 8, 9, 11, 12), ver la ubicación de **Figura 4.204**, **Figura 4.205** y **Tabla 4.59**), una planta herbácea de tipo amacollado, misma que puede verse acompañada de numerosas especies de monocotiledóneas (aunque en términos de densidad éstas realmente son escasas). En su conjunto, todos estos elementos presentan hojas angostas y carecen de órganos foliares flotantes. Además, todas ellas se encuentran arraigadas en el sustrato, el cual en la temporada lluviosa se llega a formar un espejo del agua y puede presentar una corriente con dirección hacia la laguna Nichupté, aunque aparentemente esta es de tipo estacionario. De esta manera, el aporte de agua que mantiene este ambiente proviene de la precipitación pluvial y en parte del agua salobre proveniente de las aguas de la laguna referida (**Figura 4.212**).

Por otra parte, puede observarse la alternancia del tule (*Typha domingensis*) y el carrizo (*Phragmites communis*) las cuales corresponden con plantas herbáceas de hasta 1.5 m de altura y en escasas proporciones. Por lo que manifiestan una estructura semicerrada, así también se observa una capa de organismos microscópicos sobre el suelo que constituye una capa margosa que finalmente se convierte en suelo orgánico. Cuenta con una superficie de 16681.60 m² (1.668 has).

Figura 4.212. Aspecto del tular con mangle disperso.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Es importante mencionar que al menos en dos pequeños rodales en este tipo de asociación vegetal a lo largo del tramo se pudo observar la presencia de Tasiste (*Acoelorrhaphe wrightii*), especie común, la cual puede observarse en estos ambientes, en este caso su presencia es muy escasa (**Figura 4.213**).

Figura 4.213. Condición del tular con presencia dispersa de tasiste.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Área sin vegetación (salitral)

Durante el recorrido se observó la presencia de una pequeña área desprovista de vegetación asociada con las áreas de baja densidad con pocos elementos de mangle botoncillo también denominada salitral, se aprecian tocones de individuos muertos de mangle en la zona inundada (**Figura 4.214**) y se ubican básicamente en la zona inundable del predio y que forma parte del humedal. Esta asociación tiene una superficie de 1,178.38 m². (0.117 has).

Figura 4.214. Aspecto del área denominada salitral.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Manglar - Mangle botoncillo con chechen

De acuerdo con la guía para la interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie V, INEGI 2014. Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo

de especies arbóreas, conocidas como mangles que se distribuye en los litorales del Océano Pacífico, Golfo de México, Caribe y Océano Atlántico, en zonas con clima cálido, húmedo y subhúmedo y de muy baja altitud.

Se desarrolla en las márgenes de lagunas costeras y esteros desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas; siempre sobre suelos profundos, en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada. Los mangles son especies perennifolias y el estrato dominante que forma es generalmente arbóreo, aunque también puede ser subarbóreo o hasta arbustivo, las alturas de los mangles pueden variar, de manera general desde 1 hasta 30 metros.

El área de distribución de esta asociación corresponde con un manchón de vegetación que se ubica hacia la zona del mangle rojo que se constituye como el rodal final colindante con el cuerpo lagunar dentro del área del trazo del proyecto. Esta zona se encuentra ligeramente más elevada (aunque cercana a los 0 msnm), por lo que el manglar de franja lagunar se transforma en una comunidad dominada por *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) asociada con Chechen (*Metopium brownei*) y otras especies como mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), Amate negro (*Ficus cotinifolia*), chaca (*Bursera simaruba*) y Jabin (*Piscidia piscipula*) entre otros (sitios de muestreo 13, 14, 15, 16), ver los sitios en **Figura 4.204, Figura 4.205 y Tabla 4.59.**

Los suelos en esta zona siguen siendo de tipo cenagoso, por lo que permanecen inundados durante la temporada lluviosa del año, siendo ésta la principal contribución de agua que da vida a los elementos de manglar

Los elementos manifiestan características arborescentes y con alturas de hasta 8 m, y diámetros entre 10 y 24 cm, este rango de altura se debe a la protección que le brinda el manglar de franja lagunar compuesto por mangle rojo (**Figura 4.215**). Actualmente y debido a que en la zona se han presentado lluvias esporádicas, los individuos se encuentran vigorizados y algunos comienzan a generar renuevos en la base. Ante esta situación, se debe considerar la presencia de una comunidad en plena fase de desarrollo. Cuenta con una superficie de 14,447.74 m² (1.444 has).

Figura 4.215. Aspecto del manglar en la zona próxima al Proyecto.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Una de las características más importantes de este ecosistema es la presencia de elementos de mangle caídos y retorcidos, mismos que presentan rebrotes de consistencia leñosa, situación que refiere la afectación por vientos intensos durante huracanes y que para la región están representados por la manifestación de huracán Wilma (2005) y los más recientes de octubre de 2020 (**Figura 4.216**).

Figura 4.216. condición del manglar dañado por los efectos de huracanes pasados.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Mangle rojo

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, de acuerdo con la guía para la interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie V, INEGI 2014. Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas, conocidas como mangles que se distribuye en los litorales del Océano Pacífico, Golfo de

México, Caribe y Océano Atlántico, en zonas con clima cálido húmedo y subhúmedo y de muy baja altitud.

Esta asociación vegetal se desarrolla en las márgenes de lagunas costeras y esteros desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas; siempre sobre suelos profundos, en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada. Un rasgo peculiar que presenta esta asociación (mangle rojo) los les es la presencia de raíces en forma de zancos, o bien de neumatóforos, características de adaptación que les permiten estar en contacto directo con el agua salobre sin ser necesariamente plantas halófitas.

Trejo-Torres, *et al.* (1993), define al manglar de franja lagunar como aquel que se encuentra bordeando el litoral de las lagunas costas y rías a lo largo de toda la Península de Yucatán. De esta forma, se considera que este tipo de asociación está sujeta a procesos hidrológicos de tipo estuarino, bajo la influencia de agua dulce o salobre que surge de la parte interna de las cuencas inundables y de las generadas por el agua de lluvia que en ocasiones fluye de manera laminar desde tierra adentro y que florísticamente corresponde con tipos de vegetación y asociaciones distintas al manglar.

En particular para el trazo del proyecto esta asociación se ubica colindante con el cuerpo lagunar, cuenta con una superficie de 3,320.03 m² (0.332 has) y se considera que, por su ubicación, tiene algún tipo de influencia por el ciclo de mareas, razón por la cual se presentan cambios diurnos en el nivel de inundación, aunque su efecto se ve amortiguado por el propio cuerpo de agua lagunar y que presenta una comunicación limitada con el mar. En este sentido vale la pena mencionar que la laguna Nichupté se comunica con el mar Caribe únicamente por dos canales dragados ubicados uno en el Norte (Canal Cancún) y otro en la zona sur (Canal Nizuc). En este sentido se reconoce que, en las partes más próximas a las bocanas de las lagunas costeras, están más influenciadas por los fenómenos marinos que aquellas que se desarrollan en las partes internas.

Por lo anterior, la cubierta vegetal que predomina en la zona con manglar de franja es muy densa y está constituida por la combinación de dos especies de mangle: *Rhizophora mangle* (mangle rojo) que se manifiesta como el elemento dominante y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) misma que se manifiesta con escasa presencia y en sitios que alcanzan un menor grado de inundación (**Figura 4.217**).

Figura 4.217. Aspecto del manglar de borde en la ZID del Proyecto.



Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

La complejidad de este tipo de comunidad varía, ya que presenta alturas entre 3 y 5 m y diámetros a la altura del pecho de entre 10 y 15 cm. (véase sitios de muestreo 18, 19, y 20; **Figura 4.204, Figura 4.205, Tabla 4.59**). La gran cantidad de raíces que produce el manglar (en especial *Rhizophora mangle*) contribuyen a la acumulación de residuos y sedimentos. De esta manera, los suelos son de tipo arenoso-limosos, de profundidad variable, pero permaneciendo inundados durante gran parte del año, de color pardo claro.

Por otra parte, el manglar de franja lagunar (mangle rojo), está bien constituido y forma de manera natural una barrera rompevientos, la cual, según su altura, favorece la presencia de una vegetación más alta en el tipo de vegetación adyacente correspondiente con la vegetación de manglar con *Conocarpus erectus* o bien, integra la comunidad de Sibal-Manglar.

Especies presentes en el humedal

A continuación, en la **Tabla 4.68**, se presenta el listado de especies registradas en el humedal en la zona de influencia directa del Proyecto para los tres estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo).

Tabla 4.68. Especies presente en el área del humedal del proyecto por estratos.

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Amate negro	<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Moraceae</i>
2	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	<i>Anacardiaceae</i>
3	higo	<i>Ficus maxima</i>	<i>Moraceae</i>
4	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	<i>Fabaceae</i>

#	Nombre común	Especie	Familia
5	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	Combretaceae
6	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	Combretaceae
7	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	Rhizophoraceae
8	Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	Hippocrataceae
Estrato arbustivo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae
2	Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	Arecaceae
Estrato herbáceo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Carrizo	<i>Phragmites communis</i>	Poaceae
2	Cortadera	<i>Cladium jamaicense</i>	Cyperaceae
3	Eleocharis	<i>Eleocharis cellulosa</i>	Cyperaceae
4	Helecho de manglar	<i>Acrostichum danaeifolium</i>	Polypodiaceae
5	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Acanthaceae
6	Tomatillo	<i>Solanum hirtum</i>	Solanaceae
Estrato herbáceo			
7	Tulipán	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvaceae
8	Typha	<i>Typha domingensis</i>	Typhaceae

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Con respecto al listado anterior, en la **Tabla 4.69**, se mencionan las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 4.69. Especies con categoría de riesgo del predio y su distribución de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT -2010.

Nombre científico	Nombre común	Estrato	Categoría de riesgo y distribución de acuerdo a la NOM-059-2010
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco	Arbóreo	Amenazada no endémica
<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle botoncillo	Arbóreo	Amenazada no endémica
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	Arbóreo	Amenazada endémica
<i>Thrinax radiata</i>	Palma chit	Arbustivo	Amenazada endémica

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Diversidad y valor de importancia del manglar en la ZII del Proyecto

Para los cálculos de la prueba de Diversidad a través del índice de Shannon-Weiner, se realizó por medio del paquete BioDiversity Pro, así también se calculó el valor de Equitatividad (J) y se evaluó el Índice de Valor de Importancia (IVI). Los detalles se pueden consultar en el Capítulo 8.

En la **Tabla 4.70**, se presentan los resultados de diversidad y equitatividad para el estrato arbóreo.

Tabla 4.70. Diversidad de Shannon-Weiner y valor de Equitatividad (J) para el estrato arbóreo del predio del proyecto.

#	Nombre común	Especie	Total
1	Amate negro	<i>Ficus cotinifolia</i>	7
2	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	35
3	Higo	<i>Ficus maxima</i>	1
4	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	4
5	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	4
6	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	98
7	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	10
8	Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	3
Total			162
Index		Resultados	
Shannon H' Log Base 2.		1.776	
Shannon Hmax Log Base 2.		3.000	
Shannon J'		0.592	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con los datos obtenidos, el estrato arbóreo del humedal presentó baja diversidad ya que el resultado obtenido es de 1.77 y esto es entendible en virtud de que está conformado por una cantidad reducida de especies de diversos ambientes y aun cuando estas se encuentran en un área bastante amplia el trazo de la vía es relativamente angosto. En cuanto a los datos de “J” sus valores se consideran igualmente bajos con 0.592.

En la **Tabla 4.71**, se presentan los resultados para el índice de valor de importancia para el estrato arbóreo.

Tabla 4.71. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato arbóreo en la ZII del proyecto.

#	Nombre común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Amate negro	<i>Ficus cotinifolia</i>	12.0814	4.3210	10.0000	26.4024
2	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	14.9168	21.6049	20.0000	56.5217
3	higo	<i>Ficus maxima</i>	23.7518	0.6173	3.3333	27.7024
4	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	11.8759	2.4691	6.6667	21.0117
5	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	5.9379	2.4691	3.3333	11.7404
6	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	22.6012	60.4938	36.6667	119.7617
7	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	8.3213	6.1728	16.6667	31.1609

#	Nombre común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
8	Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	0.5137	1.8519	3.3333	5.6988
Total			100.000	100.000	100.000	300.000

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI), en el estrato arbóreo las tres especies más importantes son mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) con 119.76, seguido por el chechen negro (*Metopium brownei*) con 356.52 y en tercer lugar el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con 31.60.

En la **Tabla 4.72**, se presentan los valores de diversidad y equitatividad para el estrato arbustivo asociado con la ZII del Proyecto.

Tabla 4.72. Diversidad de Shannon-Weiner y valor de Equitatividad (J) para el estrato arbustivo del predio del proyecto.

#	Nombre común	Especie	Total
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	1
2	Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	7
Total			8
Index		Resultados	
Shannon H' Log Base 2.		0.544	
Shannon Hmax Log Base 2.		1.000	
Shannon J'		0.544	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De acuerdo con los datos obtenidos, el estrato arbustivo en el humedal del predio del proyecto presenta baja diversidad (0.54). Es importante mencionar que en este estrato se presenta la palma chit, con muy escasa presencia, está incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que estará sujeta a un programa de rescate (los detalles se pueden consultar en el capítulo 6 de esta MIA). En cuanto a los datos de "J" sus valores se consideran bajos (0.544). En la **Tabla 4.73**, se presentan los datos de IVI.

Tabla 4.73. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato arbustivo en la ZID del proyecto.

#	Nombre común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	49.4845	12.5000	25.0000	86.9845
2	Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	50.5155	87.5000	75.0000	213.0155
Total			100	100	100	300

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

En este estrato las únicas especies con más valor de importancia fueron la palma Tasiste (*Acoelorrhapha wrightii*) con 213.01 seguido por la palma Chit (*Thrinax radiata*) con 86.98. Además, se pretende la aplicación de un programa de rescate, contenido en el Capítulo 6.

Con respecto al estrato herbáceo en el humedal, en la **Tabla 4.74**, se presentan los resultados de diversidad y equitatividad, en la **Tabla 4.75**, se presentan los resultados con respecto al índice de valor de importancia.

Tabla 4.74. Diversidad de Shannon-Weiner y valor de Equitatividad (J) para el estrato herbáceo del predio del proyecto.

#	Nombre común	Especie	Total
1	Carrizo	<i>Phragmites communis</i>	14
2	Cortadera	<i>Cladium jamaicense</i>	446
3	Eleocharis	<i>Eleocharis cellulosa</i>	409
4	Helecho de manglar	<i>Acrostichum danaefolium</i>	4
5	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	4
6	Tomatillo	<i>Solanum hirtum</i>	37
7	Tulipan	<i>Malvaviscus arboreus</i>	3
8	Typha	<i>Typha domingensis</i>	13
Total			930
Index		Resultados	
Shannon H' Log Base 2.		1.486	
Shannon Hmax Log Base 2.		3.000	
Shannon J'		0.495	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Tabla 4.75. Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa para el estrato herbáceo en la ZID del proyecto.

#	Nombre común	Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
1	Carrizo	<i>Phragmites communis</i>	5.6367	1.5054	13.0435	20.1856
2	Cortadera	<i>Cladium jamaicense</i>	41.7537	47.9570	34.7826	124.4933
3	Eleocharis	<i>Eleocharis cellulosa</i>	0.4175	43.9785	8.6957	53.0917
4	Helecho de manglar	<i>Acrostichum danaefolium</i>	5.2192	0.4301	4.3478	9.9971
5	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	5.2192	0.4301	4.3478	9.9971
6	Tomatillo	<i>Solanum hirtum</i>	20.8768	3.9785	17.3913	42.2466
7	Tulipan	<i>Malvaviscus arboreus</i>	5.2192	0.3226	4.3478	9.8896
8	Typha	<i>Typha domingensis</i>	15.6576	1.3978	13.0435	30.0989
Total			100	100	100	300

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

En este estrato las tres especies con más valor de importancia fueron el zacate cortadera (*Cladium jamaicense*) con 124.49, seguido por el Eleocharis (*Eleocharis cellulosa*) con 53.09 especies propias de las zonas que presentan periodos de inundación prolongados y en tercer lugar el tomatillo (*Solanum hirtum*) así también, se pretende la aplicación de un programa de rescate.

Vegetación en el área del entronque en la Zona hotelera

A la altura del km 13 del Boulevard Kukulcan en la zona hotelera, específicamente frente a la plaza Kukulcan, se unirá el puente Nichupté en una superficie de 1,513.05 m², esta franja de vegetación tiene en su parte más ancha un aproximado de 10 m hasta colindar con la laguna. La vegetación actual no corresponde con la vegetación original, considerando que antes del cambio de uso de suelo, esta zona correspondía principalmente con una franja arenosa, en esta área se observa vegetación que fue inducida con el cambio de uso de suelo para desarrollar la infraestructura turística y otra que colonizó posteriormente el área a partir de la elevación del terreno para la construcción del Blvd. Kukulcan. En las imágenes a continuación se observan las características de la vegetación en el área que correspondería con el entronque del lado este del Proyecto (**Figura 4.218**).

Figura 4.218. Condición de la vegetación en el km 13 de la Zona Hotelera correspondiente con el entronque del lado este.





Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

A continuación, en la **Tabla 4.76**, se presenta un listado general y número de individuos de las especies presentes, en el área, así también como dicha área colinda con la laguna se observa la presencia de individuos de mangle.

Tabla 4.76. Listado de especies presentes en la Zona Hotelera, en el entronque del Proyecto por estratos.

#	Nombre común	Nombre científico	Familia	Total
Estrato arbóreo				
1	Amate negro	<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Moraceae</i>	1
2	Almendra	<i>Terminalia catappa</i>	<i>Combretaceae</i>	2
3	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	<i>Burseraceae</i>	3
4	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	<i>Anacardiaceae</i>	4
5	Ciricote blanco	<i>Cordia sebestena</i>	<i>Boraginaceae</i>	19
6	Higo	<i>Ficus obtusifolia</i>	<i>Moraceae</i>	1
7	Kaniste	<i>Pouteria campechiana</i>	<i>Sapotaceae</i>	1
8	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Combretaceae</i>	3
9	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	<i>Combretaceae</i>	21
10	Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	<i>Hippocrataceae</i>	7
TOTAL				62
#	Nombre común	Nombre científico	Familia	Total
Estrato arbustivo				
11	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	<i>Arecaceae</i>	16
TOTAL				16
#	Nombre común	Nombre científico	Familia	Total
Estrato herbáceo				
12	Lantana	<i>Lantana camara</i>	<i>Verbanaceae</i>	1
TOTAL				1

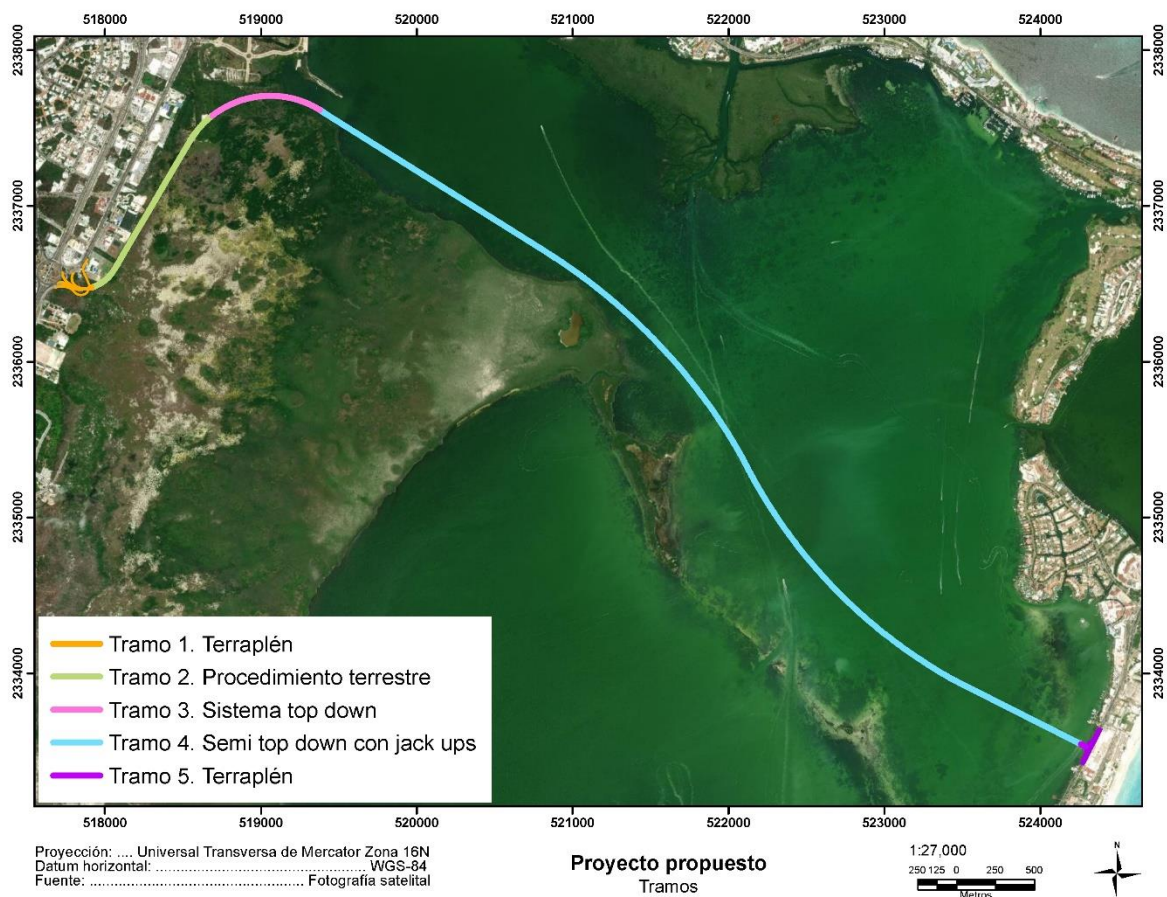
Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Estimación de la vegetación que resultaría afectada por el cambio de uso de suelo asociado con el Proyecto

Como se ha mencionado con anterioridad, considerando las características del Proyecto que se somete a evaluación y la situación en el contexto ecológico y social en el que se encuentra, fue necesario evaluar de manera más precisa las asociaciones vegetales que resultarían afectadas por las obras del proyecto. Más adelante, se presenta el estudio de caracterización del manglar, el cual hace una estimación de individuos a afectar, a partir de la interpretación de imágenes satelitales y resultados de campo en general para la zona. Como parte del estudio para solicitar el cambio de uso de suelo, se llegó a la identificación de las asociaciones vegetales con más detalle, lo que permitió identificar con más detalle lo requerido. Los datos que se presentan en este análisis y se reportan en los diferentes capítulos de la MIA son los que se toman como datos de afectación directa a la vegetación.

Es importante mencionar que, para el cambio de uso de suelo, solo se presenta la parte terrestre asociada con los tramos 1, 2, 3 y 5, ya que el tramo 4 corresponde con el cuerpo de agua (**Figura 4.219**).

Figura 4.219. Tramos que conforman el Proyecto.



Fuente: GPPA con datos de AGEPRO.

A continuación, se presentan las superficies por asociación a afectar por el Proyecto (Tabla 4.77).

Tabla 4.77. Superficies por tipo de ecosistemas a utilizar por el proyecto Puente Nichupté.

USyV ZII	Obras permanentes (m2)		Obras temporales (m2)				Total
	Pila	Terraplén	Camino	Patio de maniobras	Ramal	Relleno terraplén	
Manglar de <i>C. erectus</i>	14.90		466.89	62.89	553.09		1097.77
Manglar de <i>C. erectus</i> c/ <i>M. brownei</i>	84.69				56.21		140.89
Manglar de <i>R. mangle</i>	18.11				8.56		26.68
Manglar mixto	34.22	494.04	1068.60		587.46	43.83	2228.16
Manglar mixto con densidad media	4.92						4.92
Pastizal con mangle disperso	109.62		3454.38	1151.72	1663.63		6379.35
Total	760.49			9117.27			9877.76

Fuente: GPPA, con datos de AGEPRO, estudios de caracterización, interpretación de imagen satelital.

Estimación de especies propuestas a rescatar y reubicar

Como parte de las medidas de mitigación por la remoción de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se propone en la **Tabla 4.78** la cantidad y forma de colecta por especie y tamaños que puedan ser manejados de forma manual para afectar en la menor medida el área en la que se ubican. Los detalles se pueden consultar en el Programa de manejo integral de la vegetación, Subprograma de rescate y manejo de vivero, incluidos en el capítulo 6. Con respecto a la propagación por esqueje, no se hará poda de individuos diferentes de los presentes en la ZID del Proyecto, de estos se obtendrán las varetas para la propagación.

Tabla 4.78. Especie y número de individuos arbustivos propuestos para su rescate de acuerdo con la Norma Oficial.

Nombre común	Nombre científico	Forma de colecta			Propuesta Individuos / ha	Propuesta total 2.03 has
		Semilla / Propágulo	Planta /ha	Vareta /ha		
Selva						
Palma chit	<i>Thrinax radiata</i>		X		50	101
Humedal						
Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>		X	X	100	202
Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	X			100	202
Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>		X	X	50	101
Total						606
Otras especies						
Nombre común	Nombre científico	Forma de colecta			No. de Individuos Por ha	Propuesta total 2.026 has
		Semilla	Estaca	Planta		
Taisite	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>			X	5	10
Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>			X	5	10
Chacá	<i>Bursera simaruba</i>		X	X	10	20
Nombre común	Nombre científico	Forma de colecta			No. de Individuos Por ha	Propuesta total 2.026 has
Magüey morado	<i>Rhoeo discolor</i>			X	5	10
Total						50

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021), ajustada por GPPA.

Las cifras de estimación de especies y cantidad de individuos se ajustarán en caso de que para el ETJ la cantidad sea mayor a la aquí presentada.

Como ya se mencionó, se consideró una superficie fuera de la ZII, que corresponde principalmente con un estacionamiento atrás de un auditorio, se localiza en una franja conocida como “zona de sascaberas”, en la colindancia este del Boulevard Colosio, una de las 2 principales vías de acceso a la ciudad de Cancún. Esta franja, con 10 km de longitud y un promedio de 350 m de ancho, fue utilizada para la extracción de material pétreo durante los inicios de la construcción de la ciudad y de la ampliación de la barra arenosa (Isla de Cancún), para la adecuación de la zona hotelera. Como consecuencia de esta explotación, el nivel del terreno se redujo en aproximadamente 6 m y quedó expuesto el sustrato en forma de una plataforma rocosa con agrietamientos propios de procesos kársticos.

Como consecuencia de la degradación provocada por la actividad extractiva en la mayor parte del predio, la regeneración natural de la vegetación es prácticamente imposible y la existencia de flora se limita a las oquedades existentes entre la superficie rocosa, es por ello que la mayor parte de la extensión se encuentra ocupada por especies herbáceas, arbustivas y suelo desnudo; siendo la mayoría de la flora que se ha establecido, especies colonizadoras que se adaptan al tipo de suelo presente. Solamente en el extremo este y sureste se mantuvo el suelo natural con cobertura de especies arbóreas, sin embargo, estas áreas no serán aprovechadas por el Proyecto.

Adicionalmente, parte de la superficie se encuentra ocupada por las instalaciones de un auditorio que da hacia el frente de la avenida Colosio, particularmente, un estacionamiento y parte de la vía de acceso, ambos elementos pavimentados.

Las especies arbóreas predominantes son el guaje (*Leucaena leucocephala*), el chechen (*Metopium brownei*) y el jabín (*Piscidia piscipula*), las cuales se presentan en pequeños conjuntos. En menor medida se identificaron las especies Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), saspá (*Byrsonima bucidifolia*) y Capulín (*Muntingia calabura*) las cuales se dispersan en su mayoría en los bordes del predio. En aún menor medida se observaron especímenes de Cornezuelo (*Acacia cornigera*) y Akits (*Cascabela gaumeri*).

En el estrato arbustivo se observaron estas mismas especies, con la añadidura de orégano de monte (*Lantana camara*) y palma mexicana (*Washingtonia mexicana*), esta última se ha dispersado por el predio en la zona cercana al ya abandonado “Auditorio del Bienestar” pues fue utilizado en este espacio como especie ornamental.

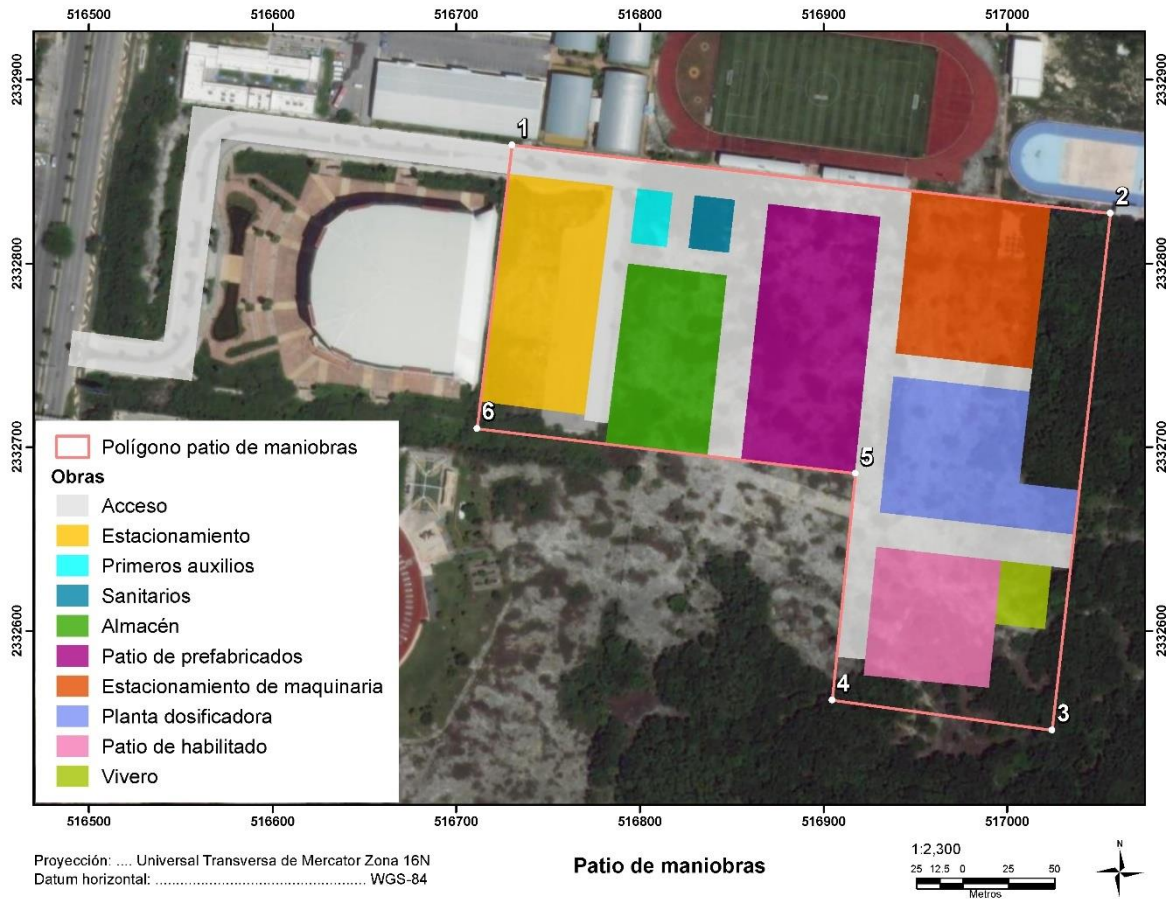
En el estrato herbáceo se pudieron observar especies como *Passiflora foetida*, *Cakile lanceolata*, *Cuscuta tinctoria*, *Asclepia curassavica*, y algunos especímenes dispersos de *Ficus cotinifolia* (**Figura 4.20**).

Figura 4.220. Condición del terreno en donde se ubicará el patio de maniobras y el vivero. a) chechen (*Metopium brownei*), b) Palmera mexicana (*Washingtonia mexicana*), c) Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*); d) Jabín (*Piscidia piscipula*); e) Akits (*Cascabela gaumeri*); f) Saspá (*Byrsonima bucidifolia*); g) Cornezuelo (*Acacia cornígera*) y h) Cabello de ángel (*Cuscuta tinctoria*).



La vegetación que será rescatada de la ZID, será trasladada al Patio de maniobras, en donde estará ubicado el vivero temporal (**Figura 4.221**), de donde posteriormente, una vez terminado el proceso constructivo serán trasplantadas de acuerdo con la especie y zona de desarrollo en las áreas temporales ubicadas en la zona de influencia indirecta del Proyecto, estas actividades se realizarán preferentemente en el periodo de lluvias, para facilitar el establecimiento de la vegetación y elevar los porcentajes de sobrevivencia, que serán mayores del 80%, en caso de que sea un periodo diferente, se establecerá un programa de riego asistido.

Figura 4.221. Patio de maniobras que contiene el vivero.



Fuente: GPPA con datos de AGEPRO.

Como medida de compensación, por el desarrollo de obras en la franja de 100 m de acuerdo con la NOM-022-SEMARNAT-2003 y por la remoción de algunos individuos de mangle para las obras permanentes y temporales del Proyecto, se propone la implementación de un Programa de mejoramiento y rehabilitación del manglar destinado a realizar acciones de rehabilitación, restauración y reforestación asistida (según lo requiera el sistema) en 306.6 ha. al interior del SAR, para beneficiar la calidad del manglar y humedales asociados. Este programa se presenta en el capítulo 6 como parte del Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad del Proyecto. En el Anexo 6.1, se presenta de manera preliminar la propuesta para conformar el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar, el cual, de ser aprobado El Proyecto del Puente Vehicular Nichupté, se convertirá en un proyecto ejecutivo, respaldado por estudios adicionales a los presentados en este capítulo, para determinar las acciones específicas que requiere cada zona en donde se haya identificado manglar muerto o degradado. A la par de la conformación de este plan,

se buscará un trabajo conjunto con los diferentes sectores para mejorar la calidad del sistema lagunar, buscando que las acciones que se lleven a cabo, sean redituables ambientalmente y permitan la permanencia de este entorno en mejores condiciones de las que se encuentra actualmente. Con este Programa, se busca incrementar los bienes y servicios ambientales del humedal a través de la creación de las condiciones para incrementar la cobertura de manglar con mayor estructura, lo cual resultará en una recuperación o mejora de los servicios ambientales; como parte de dichas actividades se contemplará la propagación adicional de individuos de mangle a través de las mismas estrategias (reproducción por esqueje y colecta de propágulos) y otras especies del humedal como las señaladas en la caracterización del ETJ, todas serán trasplantadas en su área de distribución.

Estas acciones incrementarán la cobertura vegetal del manglar al promover mejores condiciones para su desarrollo óptimo, y beneficiarán a otros humedales dentro del SLN; por lo que, se espera que, con el Proyecto y estas acciones, la superficie de vegetación se incremente progresivamente y al final, la proporción de individuos afectados versus lo recuperado y mejorado será mucho mayor que los que resulten afectados por las obras, además, de resolver un problema social. Los detalles se pueden consultar en el capítulo 6 y anexo que lo acompaña.

Adicional a estas acciones, se contempla también como medidas de compensación por el paso de una pequeña parte del puente por una superficie dentro del Acuerdo de destino de la CONANP, la cesión de 208.44 ha, así como una superficie adicional de 97.41 ha, fuera del Acuerdo de destino, esta superficie podrá ser incorporada al APFFMN, para incrementar la superficie de conservación. En total ambas superficies suman un total de 305.85 ha.

4.3.2.6 Integración de los estudios para representar la vegetación existente en la ZII del Proyecto

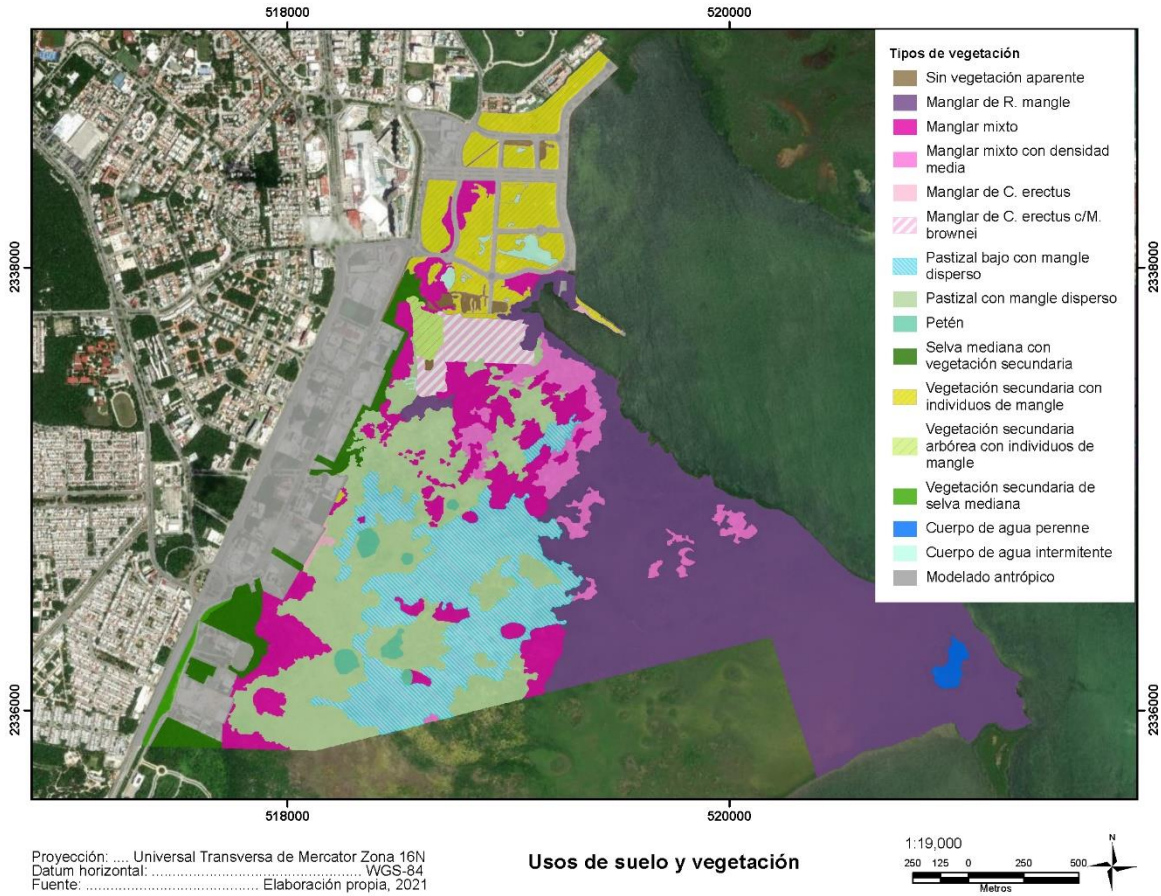
Con respecto al componente vegetal en la zona de influencia ambiental (ZII) terrestre y dadas las necesidades del Proyecto de identificar las asociaciones vegetales, principalmente el manglar que se desarrolla en la zona en donde podrían resultar afectados algunos individuos, fue necesario llegar a escalas más pequeñas de trabajo; además de los estudios bióticos realizados, se usó de referencia también, la descripción presentada en la caracterización del proyecto Parque Cancún. Toda esta información fue puesta sobre la fotografía aérea de la Propuesta no solicitada del 2019 y las imágenes satelitales de Google Earth, a esto se sumó la interpretación del ojo experto de los geógrafos involucrados. Es

así que, en la (**Figura 4.222**), se presenta el plano de vegetación que muestra una configuración semejante a parches de vegetación, los cuales reflejan la heterogeneidad del área de estudio. En la **Figura 4.223**, se presenta la cobertura vegetal y usos de suelo asociados con el entronque este del puente en la Zona hotelera.

En la **Tabla 4.79**, se presentan las superficies que abarca cada asociación vegetal y usos de suelo.

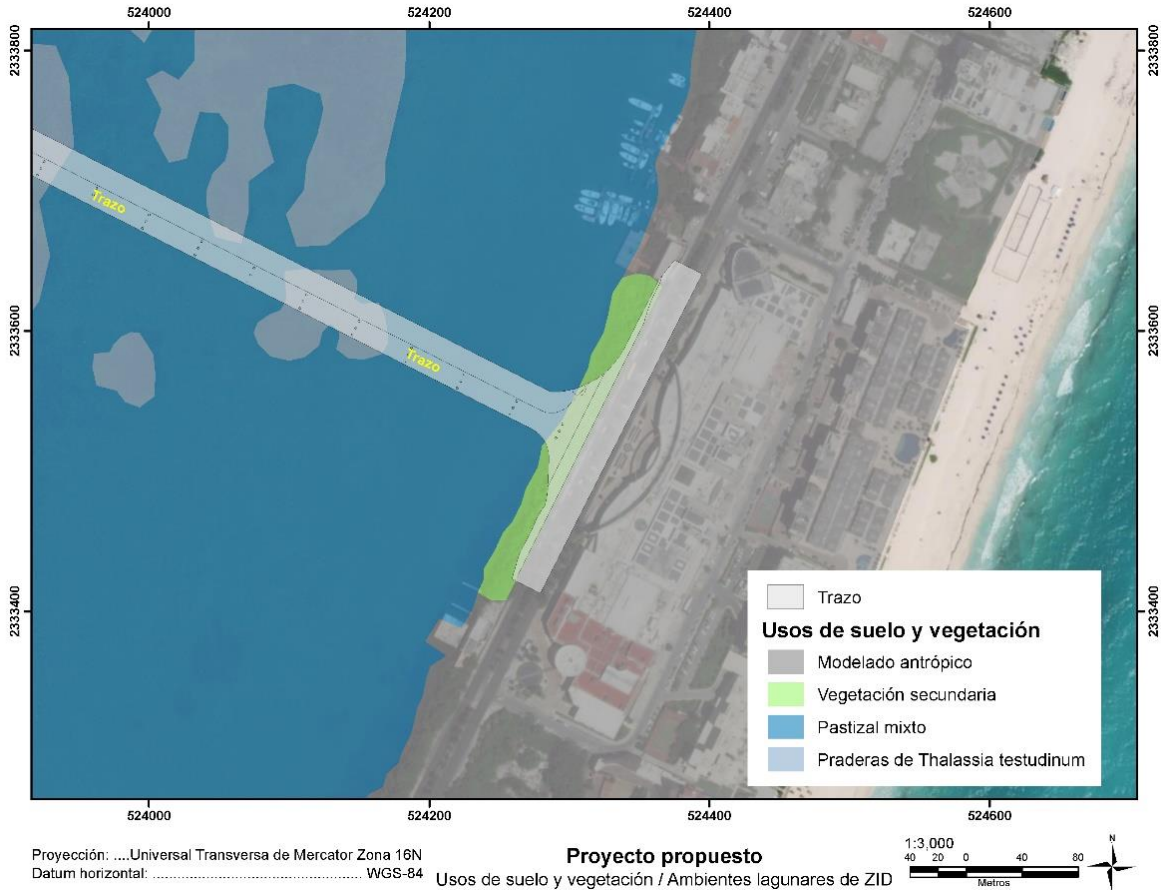
La escala de trabajo en la que se presenta el plano de vegetación tiene como propósito, conocer a una escala más precisa el tipo de vegetación que será afectado, así como, la que está presente en las áreas con menor calidad ambiental, considerando que estará sujeta a acciones de mejora en su calidad. Sin embargo, como se señala para el estudio de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la escala de vegetación de partida, es la referida en la Serie VI de INEGI.

Figura 4.222. Cobertura de vegetación y otros usos de suelo hacia el oeste, con Proyecto.



Fuente: GPPA con datos de estudios realizados para la MIA, interpretación de fotografía aérea e imagen satelital.

Figura 4.223. Cobertura de vegetación y otros usos de suelo hacia el este, con Proyecto.



La forma en que se presenta la información de la Tabla 4.95, se desglosa teniendo en cuenta los tipos de vegetación que se refirieron en el SAR. Por su carácter más detallado en la ZII, se indican los tipos de vegetación que fueron contenidos en cada una de las categorías del SAR.

Tabla 4.79. Vegetación, ambientes acuáticos y otras coberturas de suelo en la ZII.

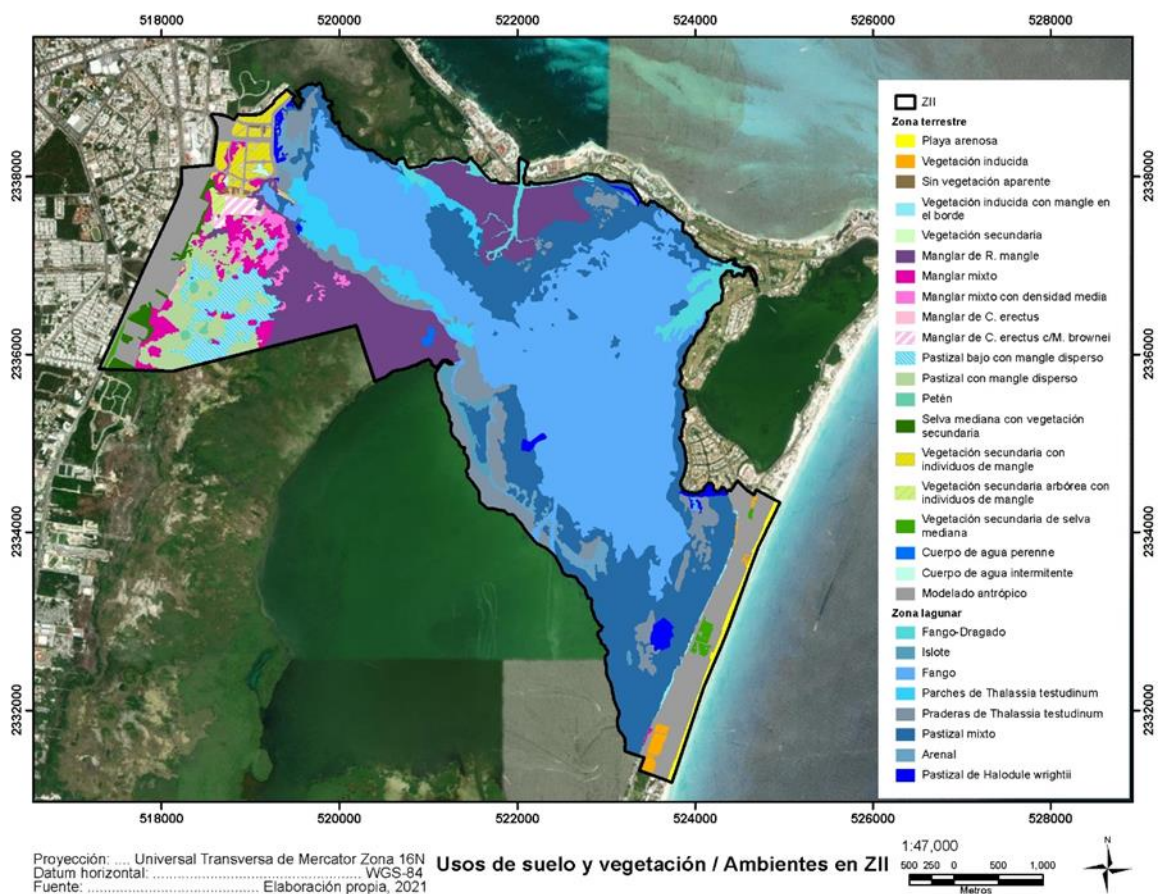
Usos de suelo y ambientes del SAR / Usos de suelo y ambientes del ZII	Permanente (m2)				Temporal (m2)			Total
	Usos múltiples.	Pila	Terraplén	Camin o	Patio de maniobras	Ramal	Relleno terraplén	
Cuerpo de agua		845.0	662.51	0.00	0.00	0.00	0.00	1507.5
Área verde jardinada			0.41					0.41
Ambientes lagunares		845.0	662.10					1507.1
Cuerpo de agua intermitente		7.31		114.1	120.69	93.19		335.36
Cuerpo de agua intermitente		7.31		114.1	120.69	93.19		335.36
Manglar de R. mangle		7.53				8.56		16.09
Manglar de R. mangle		7.53				8.56		16.09
Manglar mixto		33.14	0.00	308.8	0.00	317.7	0.00	659.67

Usos de suelo y ambientes del SAR / Usos de suelo y ambientes del ZII	Permanente (m2)				Temporal (m2)			Total
	Usos múltiples.	Pila	Terraplén	Camino	Patio de maniobras	Ramal	Relleno terraplén	
Manglar de R. mangle		10.59						10.59
Manglar mixto		17.64		308.82		317.70		644.17
Manglar mixto con densidad media		4.92						4.92
Modelado antrópico		5.29	6478.32	1767.74	29.99	90.83	130.35	8502.54
Modelado antrópico		5.29	6478.32	1767.74	29.99	90.83	130.35	8502.54
Pastizal con mangle disperso		110.88	0.00	3541.65	1151.72	1709.49	0.00	6513.74
Manglar mixto		1.27		109.99		45.86		157.12
Pastizal con mangle disperso		109.62		3431.66	1151.72	1663.63		6356.62
Selva mediana con vegetación secundaria	1260.02	66.47	4544.74	1484.25	62.89	1286.05	11100.49	19804.90
Manglar de C. erectus		14.90		466.89	62.89	553.09		1097.77
Manglar mixto		14.81	494.04	456.59		217.97	43.83	1227.25
Selva mediana con vegetación secundaria	1260.02	36.76	4050.70	560.76		514.99	11056.66	17479.88
Sin vegetación aparente		3.53						3.53
Sin vegetación aparente		3.53						3.53
Vegetación inducida			1715.54					1715.54
Área verde jardinada			1715.54					1715.54
Vegetación secundaria con individuos de mangle		85.19		215.92		62.14		363.24
Manglar de C. erectus c/M. brownei		84.69				56.21		140.89
Manglar mixto		0.50		193.19		5.93		199.62
Pastizal con mangle disperso				22.73				22.73
Vegetación secundaria de selva mediana			238.44				5.64	244.08
Vegetación secundaria de selva mediana			238.44				5.64	244.08
Total general	1260.02	1164.37	13639.56	7432.54	1365.30	3567.96	11236.48	39666.22

Fuente: GPPA con datos de los estudios realizados

A las asociaciones vegetales, se incorpora los ambientes acuáticos **Figura 4.224**.

Figura 4.224. Vegetación, ambientes acuáticos y otros usos de suelo en la ZII.



Fuente: GPPA con datos de la Caracterización para el ETJ, Estudio de manglar, Informe de Biota acuática, Interpretación de la Fotografía aérea e imágenes satelitales.

4.3.2.7 Caracterización de la fauna

4.3.2.7.1 Caracterización de la fauna terrestre en la unidad hidrológica forestal

La información a continuación fue tomada de la caracterización realizada para la presentación del Estudio Técnico Justificativo (ETJ) asociado con el Proyecto. Los resultados para los cuatro grupos de vertebrados superiores (mamíferos, aves, anfibios y reptiles), con sus respectivos datos de abundancia y diversidad, se presentan en el mismo orden en que se presentaron los de la vegetación terrestre, es decir, primero los correspondientes con la cuenca o unidad hidrológica forestal (divididos en selva y humedal) y posteriormente los de la ZII del Proyecto, divididos en selva, humedal y área ajardinada, que corresponde con la franja de vegetación en la zona hotelera.

Caracterización de la fauna en la selva mediana subperennifolia

Tomando en consideración la ubicación geográfica del predio del proyecto, el índice de ruido por la cercanía de los desarrollos colindantes y la vialidad de acceso, se considera baja la presencia de especies de fauna en general (aves, reptiles, mamíferos y anfibios).

Resultados generales

Se registraron 43 especies en total, mayormente representadas por las aves (52%), seguido por los mamíferos (19%), mientras que los anfibios y reptiles fueron los grupos con menor incidencia (14% c/u). Lo anterior se sintetiza en la **Tabla 4.80**.

Tabla 4.80. Distribución de las especies de fauna registradas en la unidad de análisis.

Grupo faunístico	Especies	Familia
Aves	28	19
Mamíferos	5	4
Reptiles	7	7
Anfibios	3	3
Total	43	33

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

A continuación, en la **Tabla 4.81**, se presenta el listado de especies de fauna por grupo dentro de la unidad hidrológica forestal.

Tabla 4.81. Listado general por grupo faunístico en el predio de la unidad de análisis.

Clase	Familia	Nombre común	Nombre científico
Aves	Icteridae	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>
	Ardeidae	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>
	Ardeidae	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>
	Ardeidae	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>
	Ardeidae	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>
	Parulidae	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>
	Fregatidae	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>
	Cathartidae	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>
	Recurvirostridae	Monjita americana	<i>Himantopus mexicanus</i>
	Cracidae	Cachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>
	Tyrannidae	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulphuratus</i>
	Parulidae	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>
	Corvidae	Chara verde	<i>Cyanocorax yncas</i>
	Corvidae	Chara yucateca	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>

Clase	Familia	Nombre común	Nombre científico
	Corvidae	Chara pea	<i>Psilorhinus morio</i>
	Icteridae	Tordo cantor	<i>Dives dives</i>
	Icteridae	Calandria cola amarilla	<i>Icterus mesomelas</i>
	Columbidae	Paloma arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>
	Cuculidae	Garrapatero	<i>Crotophaga sulcirostris</i>
	Caprimulgidae	Chotacabras pauraque	<i>Nyctidromus albicollis</i>
	Trogonidae	Trogon cabeza negra	<i>Trogon melanocephalus</i>
	Trochilidae	Colibrí vientre canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>
	Tityridae	Cabezón degollado	<i>Pachyramphus aglaiae</i>
	Vireonidae	Víreo ojos grises	<i>Vireo griseus</i>
	Thraupidae	Semillero de collar	<i>Sporophila torqueola</i>
	Mimidae	Cenzontle	<i>Mimus gilvus</i>
	Picidae	Carpintero cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>
	Icteridae	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>
Mamíferos	Cervidae	Temazate rojo	<i>Mazama temama</i>
	Canidae	Perro común	<i>Canis lupus familiaris</i>
	Dasyproctidae	Agutí centroamericano	<i>Dasyprocta punctata</i>
	Procyonidae	Tejón	<i>Nasua narica</i>
	Procyonidae	Mapache	<i>Procyon lotor</i>
Reptiles	Corytophanidae	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>
	Iguanidae	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>
	Scincidae	Eslizón Yucateco	<i>Mesoscincus schwartzei</i>
	Polychrotidae	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>
	Kinosternidae	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>
	Colubridae	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>
	Viperidae	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>
Anfibios	Leptodactylidae	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>
	Microhylidae	Rana termitera	<i>Hypopachus variolosus</i>
	Phyllomedusidae	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

De estas, la tortuga *Kinosternon scorpioides* y la iguana *Ctenosaura similis*, se encuentran en la lista de especies con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, la primera en Protección especial y la segunda como Amenazada, ninguna es considerada endémica.

Aves

El registro de aves se llevó a cabo durante tres días, siguiendo un transecto de 100 m. de longitud. Los detalles de la metodología se pueden consultar en el capítulo 8. A continuación, en la **Tabla 4.82**, se presentan los resultados con los datos de diversidad.

Tabla 4.82. Listado de avifauna en la unidad hidrológica forestal e índices de diversidad.

	<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>	Total
1	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	39
2	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	6
3	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	15
4	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	6
5	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	5
6	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>	12
7	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	15
8	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	22
9	Monjita americana	<i>Himantopus mexicanus</i>	1
10	Chachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	16
11	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	17
12	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>	2
13	Chara verde	<i>Cyanocorax yncas</i>	4
14	Chara yucateca	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	25
15	Chara pea	<i>Psilorhinus morio</i>	28
16	Tordo cantor	<i>Dives dives</i>	34
17	Calandria cola amarilla	<i>Icterus mesomelas</i>	23
18	Paloma arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>	9
19	Garrapatero	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	49
20	Chotacabras pauraque	<i>Nyctidromus albicollis</i>	2
21	Trogon cabeza negra	<i>Trogon melanocephalus</i>	9
22	Colibrí vientre canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>	6
23	Cabezón degollado	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	10
24	Vireo ojos grises	<i>Vireo griseus</i>	23
25	Semillero de collar	<i>Sporophila torqueola</i>	14
26	Cenzontle	<i>Mimus gilvus</i>	30
27	Carpintero cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	14
28	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	4
Total			440
Index	Total		
Shannon H' Log Base 2.			4.402
Shannon Hmax Log Base 2.			4.807
Shannon J'			0.916

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

El grupo de las aves tiene una buena diversidad (4.40), si se toma en cuenta que arriba de valores de 3 en adelante se considera como una buena. Esto es entendible ya que el predio

del proyecto se encuentra inmerso en una superficie mayor y por ende las aves tienen espacios por donde desplazarse, Por otra parte, se menciona que las aves no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchas son de paso y que por sí solas se alejan al menor ruido. En cuanto al valor de “J”, este es de 0.962 lo que se considera alto, lo que nos indica que hay una alta equitatividad entre las especies. Con respecto a la abundancia, en la **Tabla 4.83**, se presentan las abundancias por especie.

Tabla 4.83. Valores de abundancia relativa para las aves en la unidad de análisis.

#	Nombre común	Nombre científico	Abundancia Relativa
1	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	8.864
2	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	1.364
3	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	3.409
4	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	1.364
5	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	1.136
6	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>	2.727
7	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	3.409
8	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	5.000
9	Monjita americana	<i>Himantopus mexicanus</i>	0.227
10	Chachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	3.636
11	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	3.864
12	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>	0.455
13	Chara verde	<i>Cyanocorax yncas</i>	0.909
14	Chara yucateca	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	5.682
15	Chara pea	<i>Psilorhinus morio</i>	6.364
16	Tordo cantor	<i>Dives dives</i>	7.727
17	Calandria cola amarilla	<i>Icterus mesomelas</i>	5.227
18	Paloma arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>	2.045
19	Garrapatero	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	11.136
20	Chotacabras pauraque	<i>Nyctidromus albicollis</i>	0.455
21	Trogon cabeza negra	<i>Trogon melanocephalus</i>	2.045
22	Colibrí vientre canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>	1.364
23	Cabezón degollado	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	2.273
24	víreo ojos grises	<i>Vireo griseus</i>	5.227
25	Semillero de collar	<i>Sporophila torqueola</i>	3.182
26	Cenzontle	<i>Mimus gilvus</i>	6.818
27	Carpintero cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	3.182
28	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	0.909
Total			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Las abundancias relativas de las especies de aves son muy homogéneas, siendo las tres especies con más alto valor el garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*) con un valor de 11.13 seguido por el zanate (*Quiscalus mexicanus*) con un valor de 8.86 y en tercer lugar se ubica el Tordo cantor (*Dives dives*) con 7.72.

Mamíferos

Se realizaron recorridos y monitoreos puntuales a lo largo del transecto durante 3 días y se registraron las observaciones directas las cuales incluyen: animales vistos, escuchados u olfateados, así como observaciones indirectas como son: huellas, excretas, rascaderos, comederos, etc. Los detalles de la metodología se pueden consultar en el capítulo 8. En la **Tabla 4.84**, se presenta el listado de especies y abundancia.

Tabla 4.84. Listado de mamíferos en la unidad hidrológica forestal e índices de diversidad.

#	Nombre común	Nombre científico	Total
1	Temazate rojo	<i>Mazama temama</i>	4
2	Perro común	<i>Canis lupus familiaris</i>	3
3	<i>Dasyprocta punctata</i>	<i>Agutí centroamericano</i>	6
4	Tejón	<i>Nasua narica</i>	12
5	Mapache	<i>Procyon lotor</i>	3
Total			28
Index		Total	
Shannon H' Log Base 2.		2.092	
Shannon Hmax Log Base 2.		2.322	
Shannon J'		0.901	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Los resultados obtenidos en este grupo que fue de 2.09 lo que nos indica que se considera la zona como de baja diversidad y es justificable ya que al momento del muestreo la presencia de personas ocasiona ruido y esto genera que la fauna tienda alejarse de la zona por lo que no es fácil poder observar, por otra parte se observó gente trabajando en los alrededores de la zona y al estar en la periferia de un área urbana ocasiona en gran medida que se observen pocas especies, además hay que tomar en cuenta que los mamíferos no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchos son de paso por la constante búsqueda de alimento. En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.901) ya que las pocas especies tienden a la homogeneidad

Con respecto a la abundancia, en la **Tabla 4.85**, se presentan las abundancias por especie.

Tabla 4.85. Valores de abundancia relativa para los mamíferos en la unidad de análisis.

#	Nombre común	Nombre científico	Abundancia Relativa
1	Temazate rojo	<i>Mazama temama</i>	14.286
2	Perro común	<i>Canis lupus familiaris</i>	10.714
3	<i>Dasyprocta punctata</i>	<i>Agutí centroamericano</i>	21.429
4	Tejón	<i>Nasua narica</i>	42.857

5	Mapache	<i>Procyon lotor</i>	10.714
TOTAL			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

En el caso de los mamíferos la única especie con un valor alto comparativamente con las demás fue el Tejón (*Nasua narica*) con el 42.85 seguido por el Agutí centroamericano (*Dasyprocta punctata*) con 21.42 y en tercer lugar el temazate rojo (*Mazama temama*) con 14.28.

Reptiles

El registro se llevó a cabo mediante la búsqueda generalizada que consistió en recorrer el transecto durante tres días, revisando acumulaciones de hojarasca, troncos, piedras, así como los arbustos de denso follaje del área, para la detección de anfibios su búsqueda fue a través de su particular sonido. Los detalles de la metodología se pueden consultar en el capítulo 8. En la **Tabla 4.86**, se presenta la lista de especies.

Tabla 4.86. Listado de reptiles en la unidad hidrológica forestal e índices de diversidad.

#	Nombre común	Nombre científico	Total
1	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	15
2	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	6
3	Eslizón Yucateco	<i>Mesoscincus schwartzei</i>	17
4	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	42
5	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	4
6	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	2
7	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	3
Total			89
Index	Total		
Shannon H' Log Base 2.			2.152
Shannon Hmax Log Base 2.			2.807
Shannon J'			0.766

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Los resultados indican que este grupo también se considera poco diverso al haberse obtenido un valor de 2.15 en diversidad y los datos de "J" son moderados (0.766).

Con respecto a la abundancia en los reptiles, en la **Tabla 4.87**, se presentan las abundancias por especie.

Tabla 4.87. Valores de abundancia relativa para los reptiles en la unidad de análisis.

No.	Nombre común	Nombre científico	Abundancia Relativa
1	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	16.854
2	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	6.742

3	Eslizón Yucateco	<i>Mesoscincus schwartzei</i>	19.101
4	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	47.191
5	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	4.494
6	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	2.247
7	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	3.371
TOTAL			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Anfibios

El registro se llevó a cabo mediante la búsqueda generalizada que consistió en recorrer la el transecto durante tres días, revisando acumulaciones de hojarasca, troncos, piedras, así como los arbustos de denso follaje del área, para la detección de anfibios su búsqueda fue a través de su particular sonido. Los detalles de la metodología se pueden consultar en el capítulo 8. En la **Tabla 4.88**, se presenta la lista de anfibios registrados en el área de muestreo.

Tabla 4.88. Listado de anfibios en la unidad hidrológica forestal e índices de diversidad.

#	Nombre común	Nombre científico	Total
1	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	7
2	Rana termitera	<i>Hypopachus variolosus</i>	6
3	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	5
Total			18
Index		Total	
Shannon H' Log Base 2.		1.572	
Shannon Hmax Log Base 2.		1.585	
Shannon J'		0.992	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Los resultados obtenidos en este grupo indican un índice de Shannon de 1.57 lo que nos indica una zona de baja diversidad y es justificable ya que los anfibios no siempre pueden observarse a simple vista además de que al momento del muestreo la presencia de personal ocasiona ruido y esto genera que la fauna tienda alejarse de la zona, En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.992) ya que las pocas especies tienden a la homogeneidad. Con respecto a la abundancia para cada especie de anfibio se presenta en la **Tabla 4.89**.

Tabla 4.89. Valores de abundancia relativa para los anfibios en la unidad de análisis.

#	N. Común	N. Científico	Abundancia Relativa
1	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	38.889
2	Rana termitera	<i>Hypopachus variolosus</i>	33.333

3	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	27.778
TOTAL			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

El grupo de los anfibios es más difícil de observar a simple vista y esto dificulta obtener una base de datos amplia, por otra parte, dadas las altas temperaturas son pocos los individuos que pueden estar a cualquier hora del día. Con relación a la abundancia relativa se puede ver a la Rana de bigotes (*Leptodactylus fragilis*) con 38.88, seguido por la rana termitera (*Hypopachus variolosus*) con 33.33 y en tercer lugar la rana arbórea (*Agalychnis callidryas*).

Caracterización de la fauna en el humedal con respecto a la unidad hidrológica forestal

Tomando en consideración la ubicación geográfica del predio del proyecto, el índice de ruido por la cercanía de los desarrollos colindantes y la vialidad de acceso, se considera baja la presencia de especies de fauna en general (aves, reptiles, mamíferos y anfibios).

Resultados generales

Se registraron 21 especies en total (**Tabla 4.90**), mayormente representadas por las aves (52%), seguido por los mamíferos (19%), mientras que los anfibios y reptiles fueron los grupos con menor incidencia (14% cada uno).

Tabla 4.90. Distribución de las especies de fauna registradas en el humedal del predio de la unidad hidrológica forestal.

Grupo Faunístico	Especies	Familia
Aves	29	19
Mamíferos	4	4
Reptiles	7	7
Anfibios	3	3
Total	43	33

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

A continuación (**Tabla 4.91**), se presenta el listado de especies identificadas durante el muestreo de la fauna en el humedal.

Tabla 4.91. Listado general por Grupo Faunístico en el predio de la unidad de análisis.

Clase	Familia	Nombre común	Nombre científico
	Icteridae	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>
	Ardeidae	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>
	Ardeidae	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>
	Ardeidae	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>
	Ardeidae	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>

Clase	Familia	Nombre común	Nombre científico
Aves	Parulidae	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>
	Fregatidae	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>
	Cathartidae	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>
	Recurvirostridae	Monjita americana	<i>Himantopus mexicanus</i>
	Cracidae	Chachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>
	Tyrannidae	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>
	Parulidae	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>
	Corvidae	Gallineta frente roja	<i>Gallinula galeata</i>
	Corvidae	Chara verde	<i>Cyanocorax yncas</i>
	Corvidae	Chara yucateca	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>
	Icteridae	Chara pea	<i>Psilorhinus morio</i>
	Icteridae	Tordo cantor	<i>Dives dives</i>
	Columbidae	Calandria cola amarilla	<i>Icterus mesomelas</i>
	Cuculidae	Paloma arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>
	Caprimulgidae	Garrapatero	<i>Crotophaga sulcirostris</i>
	Trogonidae	Chotacabras pauraque	<i>Nyctidromus albicollis</i>
	Trochilidae	Trogon cabeza negra	<i>Trogon melanocephalus</i>
	Tityridae	Colibrí vientre canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>
	Vireonidae	Cabezón degollado	<i>Pachyramphus aglaiae</i>
	Thraupidae	víreo ojos grises	<i>Vireo griseus</i>
	Mimidae	Semillero de collar	<i>Sporophila torqueola</i>
	Picidae	Cenzontle	<i>Mimus gilvus</i>
	Icteridae	Carpintero cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>
Cervidae	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	
Mamíferos	Canidae	Perro común	<i>Canis lupus familiaris</i>
	Dasyproctidae	Agutí centroamericano	<i>Dasyprocta punctata</i>
	Procyonidae	Tejón	<i>Nasua narica</i>
	Procyonidae	Procyon lotor	<i>mapache</i>
Reptiles	Corytophanidae	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>
	Iguanidae	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>
	Scincidae	Eslizón Yucateco	<i>Mesoscincus schwartzei</i>
	Polychrotidae	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>
	Kinosternidae	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>
	Colubridae	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>
	Viperidae	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>
Anfibios	Leptodactylidae	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>
	Microhylidae	Rana termitera	<i>Hypopachus variolosus</i>
	Phyllomedusidae	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Del listado anterior, se identificaron dos especies pertenecientes a la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Kinosternon scorpioides* y *Ctenosaura similis*, la primera con categoría de protección especial, la segunda amenazada, ninguna de las dos es considerada endémica. En las tablas a continuación, se presentan los resultados de diversidad, abundancia, equitatividad y valor de importancia por grupo.

Aves

En la **Tabla 4.92** y **Tabla 4.93** , se presentan los datos y resultados de la evaluación de los índices de diversidad e IVI.

Tabla 4.92. Listado de especies de aves con sus respectivos datos de índices de diversidad.

	Nombre común	Nombre científico	Total
1	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	27
2	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	18
3	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	32
4	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	18
5	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	6
6	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>	10
7	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	20
8	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	8
9	Monjita americana	<i>Himantopus mexicanus</i>	35
10	Chachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	37
11	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	59
12	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>	63
13	Gallineta frente roja	<i>Gallinula galeata</i>	4
14	Chara verde	<i>Cyanocorax yncas</i>	4
15	Chara yucateca	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	34
16	Chara pea	<i>Psilorhinus morio</i>	12
17	Tordo cantor	<i>Dives dives</i>	23
18	Calandria cola amarilla	<i>Icterus mesomelas</i>	17
19	Paloma arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>	4
20	Garrapatero	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	11
21	Chotacabras pauraque	<i>Nyctidromus albicollis</i>	13
22	Trogon cabeza negra	<i>Trogon melanocephalus</i>	4
23	Colibrí vientre canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>	4
24	Cabezón degollado	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	2
25	Vireo ojos grises	<i>Vireo griseus</i>	6
26	Semillero de collar	<i>Sporophila torqueola</i>	7
27	Cenzontle	<i>Mimus gilvus</i>	28
28	Carpintero cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	12
29	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	4
	Total		522

<i>Nombre común</i>		<i>Nombre científico</i>	Total
Index	Total		
Shannon H' Log Base 2.	4.369		
Shannon Hmax Log Base 2.	4.858		
Shannon J'	0.899		

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Tabla 4.93. Valores de abundancia relativa para las aves en la unidad de análisis.

#	N. Común	N. Científico	Abundancia Relativa
1	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	5.172
2	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	3.448
3	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	6.130
4	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	3.448
5	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	1.149
6	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>	1.916
7	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	3.831
8	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	1.533
9	Monjita americana	<i>Himantopus mexicanus</i>	6.705
10	Chachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	7.088
11	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	11.303
12	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>	12.069
13	Gallineta frente roja	<i>Gallinula galeata</i>	0.766
14	Chara verde	<i>Cyanocorax yncas</i>	0.766
15	Chara yucateca	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	6.513
16	Chara pea	<i>Psilorhinus morio</i>	2.299
17	Tordo cantor	<i>Dives dives</i>	4.406
18	Calandria cola amarilla	<i>Icterus mesomelas</i>	3.257
19	Paloma arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>	0.766
20	Garrapatero	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	2.107
21	Chotacabras pauraque	<i>Nyctidromus albicollis</i>	2.490
22	Trogon cabeza negra	<i>Trogon melanocephalus</i>	0.766
23	Colibrí vientre canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>	0.766
24	Cabezón degollado	<i>Pachyrhamphus aglaiae</i>	0.383
25	víreo ojos grises	<i>Vireo griseus</i>	1.149
26	Semillero de collar	<i>Sporophila torqueola</i>	1.341
27	Cenzontle	<i>Mimus gilvus</i>	5.364
28	Carpintero cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	2.299
29	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	0.766
Total			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Como se puede apreciar los resultados obtenidos, indican que el grupo de las aves tiene una buena diversidad (4.36), considerando que, valores de 3 en adelante se considera como buena. El predio del proyecto se encuentra inmerso en una superficie mayor y por ende las aves tienen espacios por donde desplazarse. Por otra parte, las aves no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchas son de paso y se alejan al menor ruido. En cuanto al valor de "J", este es de 0.899 lo que se considera alto, lo que nos indica que hay una alta igualdad en la distribución de la

abundancia de las especies. Con respecto las abundancias relativas de las especies de aves, estas son muy homogéneas, siendo las tres especies con más alto valor el Chipe manglero (*Setophaga petechia*) con 12.06, seguido por el Luis bienteveo (*Pitangus sulfuratus*) con un valor de 11.30 y en tercer lugar se ubica la Chachalaca (*Ortalis Vetula*) con 7.08.

Mamíferos

En la **Tabla 4.94**, se presentan los resultados de diversidad, abundancia y equitatividad.

Tabla 4.94. Listado de especies de mamíferos con sus respectivos datos de índices de diversidad.

#	Nombre común	Nombre científico	Total
1	Perro común	<i>Canis lupus familiaris</i>	2
2	Agutí centroamericano	<i>Dasyprocta punctata</i>	2
3	Tejón	<i>Nasua narica</i>	3
4	Mapache	<i>Procyon lotor</i>	9
Total			16
Index		Total	
Shannon H' Log Base 2.		1.67	
Shannon Hmax Log Base 2.		2	
Shannon J'		0.835	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Los resultados obtenidos en este grupo (1.67), indica que se considera la zona como de baja diversidad y es justificable ya que al momento del muestreo la presencia de personas ocasiona ruido y genera que la fauna tienda alejarse de la zona por lo que no es fácil poder observar, por otra parte se observó personal trabajando en los alrededores del área y esto ocasiona perturbación, por lo que se observan pocas especies, además hay que tomar en cuenta que los mamíferos no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchos son de paso por la constante búsqueda de alimento. En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.835) ya que las pocas especies tienden a la homogeneidad (**Tabla 4.95**).

Tabla 4.95. Valores de abundancia relativa para los mamíferos en la unidad de análisis.

#	Nombre común	Nombre científico	Abundancia Relativa
1	Perro común	<i>Canis lupus familiaris</i>	12.5
2	Agutí centroamericano	<i>Dasyprocta punctata</i>	12.5
3	Tejón	<i>Nasua narica</i>	18.75
4	Mapache	<i>Procyon lotor</i>	56.25
TOTAL			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

En el caso de los mamíferos, la única especie con un valor alto fue el Mapache (*Procyon lotor*) con el 56.25, seguido por el Tejón (*Nasua narica*) con 18.75 y en tercer lugar el Agutí centroamericano (*Dasyprocta punctata*) con 12.5 (Tabla 4.95).

Reptiles

En la Tabla 4.96, se presentan los resultados de diversidad, abundancia y equitatividad.

Tabla 4.96. Listado de especies de reptiles con sus respectivos datos de índices de diversidad.

#	Nombre común	Nombre científico	Total
1	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	13
2	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	9
3	Eslizón Yucateco	<i>Mesoscincus schwartzei</i>	10
4	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	3
5	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	9
6	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	1
7	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	2
Total			47
Index		Total	
Shannon H' Log Base 2.		2.467	
Shannon Hmax Log Base 2.		2.807	
Shannon J'		0.879	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Este grupo también se considera poco diverso (2.46) por lo que el panorama es similar que el anterior. Los datos de "J" son altos (0.879).

El grupo de los reptiles es muy difícil de observar a simple vista y esto dificulta obtener datos de un gran número de los mismos, por otra parte, dada a las altas temperaturas son pocos los individuos que pueden estar a cualquier hora del día. Con relación a la abundancia relativa el Toloque rayado (*Basiliscus vittatus*) es el más representativo con el 27.66, seguido por el Eslizón yucateco (*Mesoscincus schwartzei*) con 21.27 y en tercer lugar la Iguana rayada (*Ctenosaura similis*) con 19.14 (Tabla 4.97).

Tabla 4.97. Valores de abundancia relativa para los reptiles en la unidad de análisis.

No.	Nombre común	Nombre científico	Abundancia relativa
1	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	27.660
2	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	19.149
3	Eslizón Yucateco	<i>Mesoscincus schwartzei</i>	21.277
4	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	6.383
5	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	19.149
6	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	2.128
7	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	4.255

No.	Nombre común	Nombre científico	Abundancia relativa
TOTAL			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Anfibios

En la **Tabla 4.98** y **Tabla 4.99**, se presentan los resultados de diversidad, abundancia y equitatividad.

Los resultados obtenidos (1.49), indica que se considera la zona como de baja diversidad y es justificable ya que los anfibios no siempre pueden observarse a simple vista además de que al momento del muestreo la presencia de personas ocasiona ruido y esto genera que la fauna tienda a alejarse. En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.942) ya que las pocas especies tienden a la homogeneidad.

Tabla 4.98. Listado de especies de anfibios con sus respectivos datos de índices de diversidad.

#	Nombre común	Nombre científico	Total
1	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	15
2	Rana termitera	<i>Hypopachus variolosus</i>	13
3	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	6
Total			34
Index		Total	
Shannon H' Log Base 2.		1.493	
Shannon Hmax Log Base 2.		1.585	
Shannon J'		0.942	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

El grupo de los anfibios es aún más difícil de observar a simple vista y esto dificulta obtener datos de un gran número de organismos, por otra parte, dada a las altas temperaturas son pocos los individuos que pueden estar a cualquier hora del día. Con relación a la abundancia relativa se puede ver a la rana de bigotes (*Leptodactylus fragilis*) con un valor de 44.11, seguida de la rana termitera (*Hypopachus variolosus*) con 38.23 y por último la rana arbórea (*Agalychnis callidryas*), con 17.64 (**Tabla 4.99**).

Tabla 4.99. Valores de abundancia relativa para los anfibios en la unidad de análisis.

#	N. Común	N. Científico	Abundancia Relativa
1	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	44.118
2	Rana termitera	<i>Hypopachus variolosus</i>	38.235
3	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	17.647
TOTAL			100

Fauna: (Caracterización (ETJ), 2021).

Caracterización de la fauna asociada con la ZID del Proyecto

Al igual que para la vegetación, la zona de muestreo estuvo asociada con el área que corresponde con la ZID del Proyecto. Los resultados partieron de las asociaciones vegetales identificadas en la zona de evaluación (**Tabla 4.100**).

Tabla 4.100. Asociaciones vegetales para el muestreo de fauna.

Concepto	
Selva mediana subperennifolia	Mediana subperennifolia/vegetación secundaria arbórea
Humedal	Mangle mixto
	Barda del centro educativo
	Mangle botoncillo con chechen sobre área de relleno del centro educativo
	Pastizal con mangle mixto disperso
	Mangle botoncillo con chechen
	Área sin vegetación (salitral)
	Mangle rojo.
Área verde jardinada	Área verde jardinada con especies arbóreas frente a la plaza Kukulcan.
Total	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021) modificada por GPPA.

Selva

La caracterización de la fauna en la zona de influencia directa del proyecto, se evaluó también para los cuatro grupos de fauna de vertebrados superiores (aves, mamíferos, reptiles y mamíferos). Tal como se mencionó para la fauna asociada con la unidad hidrológica forestal, la presencia de fauna en la zona es baja, esto se debe a la perturbación constante por la cercanía con la infraestructura de las áreas urbanas y turísticas. Los procedimientos para cada grupo se llevaron a cabo de la misma forma que para la unidad hidrológica forestal. Los detalles de pueden consultar en el capítulo 8 de esta MIA-R.

Resultados generales para la fauna en la ZID del Proyecto

Selva mediana subperennifolia

Se registraron 24 especies en total (**Tabla 4.101**), mayormente representadas por las aves (46%), seguido de mamíferos y reptiles con el 21%. Los anfibios fueron el grupo con menor incidencia (12.3%). En la

Tabla 4.102, se presenta el listado completo por grupo.

Tabla 4.101. Distribución de las especies de fauna registradas en la ZID.

Grupo Faunístico	Especies	Familia
Aves	11	8
Mamíferos	5	4
Reptiles	5	5
Anfibios	3	3
Total	24	20

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Tabla 4.102. Listado general por grupo faunístico en la ZID del Proyecto.

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común
Aves	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
	Ardeidae	<i>Botaurus pinnatus</i>	Avetoro neotropical
	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca
	Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	Garza morena
	Ardeidae	<i>Butorides virescens</i>	Garcita verde
	Parulidae	<i>Seiurus aurocapilla</i>	Chipe suelero
	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Fregata tijerilla
	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote cabeza roja
	Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicanus</i>	Monjita americana
	Cracidae	<i>Ortalis Vetula</i>	Chachalaca
	Tyrannidae	<i>Pitangus sulfuratus</i>	Luis bienteveo
Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Calandria dorso negro mayor	
Mamíferos	Cervidae	<i>Mazama temama</i>	Temazate rojo
	Canidae	<i>Canis lupus familiaris</i>	Perro domestico
	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Tejón
	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
Reptiles	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Toloque rayado
	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
	Polychrotidae	<i>Anolis sagrei</i>	Abaniquillo pardo del caribe
	Colubridae	<i>Oxybelis aeneus</i>	Culebra Bejuquilla mexicana
	Viperidae	<i>Bothrops asper</i>	Nauyaca
	Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión
Amphibios	Craugastoridae	<i>Craugastor yucatanensis</i>	Rana ladradora yucateca
	Phyllomedusidae	<i>Agalychnis callidryas</i>	Rana arbórea
	Bufonidae	<i>Rhinella horribilis</i>	Sapo gigante

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Pertencientes a la NOM-059-SEMARNAT-2010, son las mismas especies de reptiles reportadas en el apartado anterior, la iguana rayada y la tortuga pecho quebrado

(*Ctenosaura similis* y *Kinosternon scorpioides* respectivamente), ambas en la categoría de Amenazadas, ninguna es endémica.

En las tablas a continuación (**Tabla 4.103 - Tabla 4.110**), se presentan los resultados de diversidad, abundancia relativa e IVI por grupo, distribuidos en la selva mediana subperennifolia.

Aves

Tabla 4.103. Índices de diversidad y abundancia para las aves en la ZID.

#	Nombre común	Nombre científico	Total
1	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	37
2	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	4
3	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	35
4	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	2
5	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	2
6	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>	3
7	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	11
8	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	11
9	Chachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	12
10	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	17
11	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	4
Total			138
Index		Total	
Shannon H' Log Base 2.		2.865	
Shannon Hmax Log Base 2.		3.459	
Shannon J'		0.828	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Como se puede apreciar, los resultados obtenidos indican que el grupo de las aves tiene una baja diversidad (2.86), si se toma en cuenta que valores de arriba de 3 en adelante se considera como buena. Esto es entendible ya que la porción de selva se encuentra colindante a la ciudad con perturbación constante, principalmente debido a ruido por la afluencia vehicular y por ello no puede observarse una gran variedad de las mismas. Por otra parte, se menciona que las aves no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchas están de paso y que por sí solas se alejan al menor ruido. En cuanto al valor de "J", este es de 0.82 lo que se considera como un valor alto.

En cuanto a la abundancia relativa, en la **Tabla 4.104**, se presentan los resultados correspondientes.

Tabla 4.104. Valores de abundancia relativa para las aves en la ZID del Proyecto.

#	N. Común	N. Científico	Abundancia Relativa
1	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	26.8115942
2	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	2.89855072
3	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	25.3623188
4	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	1.44927536
5	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	1.44927536
6	Chipe suelero	<i>Seiurus auropilla</i>	2.17391304
7	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	7.97101449
8	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	7.97101449
9	Cachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	8.69565217
10	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	12.3188406
11	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	2.89855072
Total			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Las abundancias relativas de las especies de aves son muy homogéneas, siendo las siguientes especies con el valor más alto: el zanate (*Quiscalus mexicanus*) con un valor de 26.81 seguido por la garza blanca (*Ardea alba*) en tercer lugar se ubica el luis bienteveo (*Pitangus sulphuratus*) el con 12.31.

Mamíferos

En la **Tabla 4.105**, se presentan los resultados de diversidad y abundancia para los mamíferos en la ZID del Proyecto.

El resultado obtenido para el grupo de mamíferos fue de 1.84, lo que nos indica que la zona es de baja diversidad, lo cual se debe a la presencia de personas y actividades que causan perturbación constante ahuyentando a la fauna en general lo que dificulta observarlos en la zona, además hay que tomar en cuenta que los mamíferos no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que, muchos están de paso por la constante búsqueda de alimento. En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.921) ya que las pocas especies tienden a la homogeneidad.

Tabla 4.105. Índices de diversidad y abundancia para los mamíferos en la ZID.

#	N. Común	N. Científico	Total
1	Temazate rojo	<i>Mazama temama</i>	1
2	Perro domestico	<i>Canis lupus familiaris</i>	1
3	Tejón	<i>Nasua narica</i>	2
4	mapache	<i>Procyon lotor</i>	3
Total			7
Index		Total	

Shannon H' Log Base 2.	1.842
Shannon Hmax Log Base 2.	2
Shannon J'	0.921

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Con respecto a las abundancias para las especies de mamíferos registradas en la selva de la ZID, en la **Tabla 4.106**, se presentan los resultados. En el caso de los mamíferos se observa que la única especie con un valor alto con respecto de las demás fue el mapache (*Procyon lotor*) con 42.85, seguido por el tejón (*Nasua narica*) con 28.57 y en tercer lugar, el temazate rojo (*Mazama temama*) con 14.28 e igual que el perro doméstico.

Tabla 4.106. Valores de abundancia relativa para los mamíferos en la ZID del Proyecto

#	N. Común	N. Científico	Abundancia Relativa
1	Temazate rojo	<i>Mazama temama</i>	14.286
2	Perro domestico	<i>Canis lupus familiaris</i>	14.286
3	Tejón	<i>Nasua narica</i>	28.571
4	mapache	<i>Procyon lotor</i>	42.857
TOTAL			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Reptiles

En la **Tabla 4.107**, se presentan los resultados de diversidad y abundancia para los mamíferos en la ZID del Proyecto.

Este grupo también se considera poco diverso al obtener un resultado de 1.94 por lo que el panorama es similar que el anterior y los datos de "J" son moderadamente altos (0.75).

Tabla 4.107. Índices de diversidad y abundancia para los reptiles en la ZID.

#	N. Común	N. Científico	Total
1	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	5
2	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	13
3	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	16
4	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	2
5	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	1
6	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	1
Total			38
Index		Total	
Shannon H' Log Base 2.		1.94	
Shannon Hmax Log Base 2.		2.585	

#	N. Común	N. Científico	Total
Shannon J'		0.75	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Con respecto a las abundancias, en la **Tabla 4.108**, se presentan los resultados obtenidos para este grupo.

El grupo de los reptiles es muy difícil de observar a simple vista y esto dificulta obtener datos de un gran número de los mismos, por otra parte, dada a las altas temperaturas son pocos los individuos que pueden estar a cualquier hora del día. Con relación a la abundancia relativa, se puede ver al abaniquillo pardo del caribe (*Anolis sagrei*) es la especie más abundante con un valor de con 42.10, seguido por la iguana rayada (*Ctenosaura similis*) con 34.21 y en tercer lugar el toloc (*Basiliscus vittatus*) 13.15 respectivamente.

Tabla 4.108. Valores de abundancia relativa para los reptiles en la ZID del Proyecto.

No.	N. Común	N. Científico	Abundancia Relativa
1	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	13.158
2	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	34.211
3	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	42.105
4	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	5.263
5	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	2.632
6	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	2.632
TOTAL			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Anfibios

En la (**Tabla 4.109**), se presentan los resultados de diversidad y abundancia para los mamíferos en la ZID del Proyecto.

El resultado obtenido para este grupo fue de 0.918, lo que indica que se considera la zona como de baja diversidad y es justificable ya que al momento del muestreo la presencia de personas ocasiona ruido y esto genera que la fauna tienda alejarse de la zona por lo que no es fácil poder observar. En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.918) ya que las pocas especies tienden a la homogeneidad.

Tabla 4.109. Índices de diversidad y abundancia para los anfibios en la ZID.

#	Nombre común	Nombre científico	Total
---	--------------	-------------------	-------

1	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	4
2	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	2
Total			6
Index		Total	
Shannon H' Log Base 2.		0.918	
Shannon Hmax Log Base 2.		1	
Shannon J'		0.918	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Con respecto a la abundancia para las especies de anfibios, en la **Tabla 4.110**, se presentan los resultados obtenidos.

El grupo de los anfibios es aún más difícil de observar a simple vista y esto limita obtener datos de un gran número de los mismos, por otra parte, dadas las altas temperaturas, son pocos los individuos que pueden estar a cualquier hora del día. Con relación a la abundancia relativa se tiene que la rana de bigotes (*Leptodactylus fragilis*) tiene el mayor valor con 66.66 en tanto que los demás presentan el 33.33 respectivamente.

Tabla 4.110. Valores de abundancia relativa para los anfibios en la ZID del Proyecto.

#	Nombre común	Nombre científico	Abundancia Relativa
1	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	33.333
2	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	66.667
TOTAL			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Distribución de la fauna en el humedal de la ZID del Proyecto

El muestro de vegetación se realizó a lo largo de tres transectos, durante tres días para los cuatro grupos de vertebrados superiores (aves, mamíferos, reptiles y anfibios), en el capítulo 8 se pueden consultar los detalles de la metodología. A continuación, en la **Tabla 4.111**, se presentan los resultados generales de las especies identificadas por grupo. En la **Tabla 4.112**, se presenta el listado de especies identificado para los cuatro grupos de la **Tabla 4.113** a la **Tabla 4.120**, se presentan los resultados correspondientes con diversidad, equitatividad y abundancia.

Resultados generales de la fauna en el humedal de la ZID

Se registraron 25 especies en total, mayormente representadas por las aves (56%), seguido por los reptiles (20%), mientras que los mamíferos y los anfibios fueron los grupos con menor incidencia (12%). Lo anterior se sintetiza en la **Tabla 4.111**.

Tabla 4.111. Distribución de las especies de fauna registradas en el humedal del predio del proyecto.

Grupo Faunístico	Especies	Familia
Aves	14	9
Mamíferos	3	2
Reptiles	5	5
Anfibios	3	3
Total	25	19

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Tabla 4.112. Listado general por grupo faunístico en el humedal asociado con el Proyecto.

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común
Aves	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
	Ardeidae	<i>Botaurus pinnatus</i>	Avetoro neotropical
	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca
	Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	Garza morena
	Ardeidae	<i>Butorides virescens</i>	Garcita verde
	Parulidae	<i>Seiurus aurocapilla</i>	Chipe suelero
	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Fregata tijerilla
	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote cabeza roja
	Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicanus</i>	Monjita americana
	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
	Tyrannidae	<i>Pitangus sulfuratus</i>	Luis bienteveo
	Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	Chipe manglero
	Rallidae	<i>Gallinula galeata</i>	Gallineta frente roja
	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Calandria dorso negro mayor
Mamíferos	Dydelphyidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zarigüeya
	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Tejón
	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
Reptiles	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Toloque rayado
	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
	Polychrotidae	<i>Anolis sagrei</i>	Abaniquillo pardo del caribe
	Colubridae	<i>Oxybelis aeneus</i>	Culebra Bejuquilla mexicana
	Viperidae	<i>Bothrops asper</i>	Nauyaca
	Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión
Anfibios	Craugastoridae	<i>Craugastor yucatanensis</i>	Rana ladradora yucateca
	Phyllomedusidae	<i>Agalychnis callidryas</i>	Rana arbórea
	Bufonidae	<i>Rhinella horribilis</i>	Sapo gigante

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 son las mismas que para la unidad hidrológica forestal, *Ctenosaura similis* y *Kinosternon scorpioides*, identificadas como amenazadas y no son endémicas.

Aves

En la **Tabla 4.113**, se presentan los resultados obtenidos para el índice de diversidad y equitatividad.

Tabla 4.113. Listados de aves con sus respectivos datos de índices de diversidad y equitatividad.

	Nombre común	Nombre científico	Total
1	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	26
2	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	6
3	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	33
4	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	1
5	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	7
6	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>	5
7	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	4
8	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	9
9	Monjita americana	<i>Himantopus mexicanus</i>	38
10	Chachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	11
11	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	12
12	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>	4
13	Gallineta frente roja	<i>Gallinula galeata</i>	4
14	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	4
Total			164
Index			Total
Shannon H' Log Base 2.			3.233
Shannon Hmax Log Base 2.			3.807
Shannon J'			0.849

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos para las aves, nos indican que la diversidad es buena (3.23), esto, considerando que valores arriba de 3 es un indicador de buena diversidad. Esto es entendible ya que el predio del proyecto se encuentra inmerso en una superficie mayor y por ende las aves tienen espacios por donde desplazarse, Por otra parte, se menciona que las aves no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchas son de paso y que por sí solas se alejan al menor ruido. En cuanto al valor de "J", este es de 0.849 lo que se considera alto, lo que nos indica que hay una alta equitatividad entre las especies.

A continuación, en la **Tabla 4.114**, se presentan los resultados de abundancia.

Tabla 4.114. Valores de abundancia relativa para las aves en el predio del proyecto.

#	Nombre común	Nombre científico	Abundancia Relativa
1	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	15.85
2	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	3.66
3	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	20.12
4	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	0.61
5	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	4.27
6	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>	3.05
7	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	2.44
8	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	5.49
9	Monjita Americana	<i>Himantopus mexicanus</i>	23.17
10	Chachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	6.71
11	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	7.32
12	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>	2.44
13	Gallineta frente roja	<i>Gallinula galeata</i>	2.44
14	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	2.44
Total			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Las abundancias relativas de las especies de aves son muy homogéneas, siendo las siguientes especies con más alto valor la monjita americana (*Himantopus mexicanus*) con 23.17, seguido por la garza blanca (*Ardea alba*) con 20.12 y en tercer lugar el zanate (*Quiscalus mexicanus*) con un valor de 15.85.

Mamíferos

Con respecto a los mamíferos, en la **Tabla 4.115**, se presentan los resultados para la abundancia, diversidad y equitatividad de mamíferos asociados con el proyecto.

Como se puede apreciar, los resultados obtenidos indican que el grupo de los mamíferos tiene una baja diversidad (0.946), si se toma en cuenta que arriba de valores de 3 en adelante se considera como una buena. Por otra parte, se menciona que los mamíferos no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchas son de paso y que por sí solos se alejan al menor ruido. En cuanto al valor de "J", este es de 0.946 lo que se considera alto.

Tabla 4.115. Listados de mamíferos con sus respectivos datos de índices de diversidad y equitatividad.

#	Nombre común	Nombre científico	Total
1	Tejón	<i>Nasua narica</i>	7
2	mapache	<i>Procyon lotor</i>	4
Total			11

Index	Total
Shannon H' Log Base 2.	0.946
Shannon Hmax Log Base 2.	1
Shannon J'	0.946

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Con relación a la abundancia relativa, el Tejón (*Nasua narica*) con 63.63 está seguido por el mapache (*Procyon lotor*) con 36.36 (Tabla 4.116).

Tabla 4.116. Valores de abundancia relativa para los mamíferos en el predio del proyecto.

#	Nombre común	Nombre científico	Abundancia Relativa
1	Tejón	<i>Nasua narica</i>	63.636
2	Mapache	<i>Procyon lotor</i>	36.364
TOTAL			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Reptiles

Para el grupo de los reptiles, en la Tabla 4.117, se presentan los resultados de diversidad y abundancia. Este grupo también se considera pobre ya que los resultados obtenidos fueron de 2.25 y los datos de "J" son moderados con 0.873 de valor.

Tabla 4.117. Listados de reptiles con sus respectivos datos de índices de diversidad y equitatividad.

#	N. Común	N. Científico	Total
1	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	5
2	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	9
3	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	6
4	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	1
5	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	2
6	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	2
Total			25
Index			Total
Shannon H' Log Base 2.			2.258
Shannon Hmax Log Base 2.			2.585
Shannon J'			0.873

Fuente; (Caracterización (ETJ), 2021)

En la Tabla 4.118, se presentan los datos de diversidad, abundancia y equitatividad. El grupo de los reptiles es difícil de observar a simple vista y esto dificulta obtener datos de un gran número de organismos, por otra parte, debido a las altas temperaturas son pocos los individuos que pueden observarse. Con relación a la abundancia relativa se puede ver a la

Iguana rayada (*Ctenosaura similis*) con 36, seguido por el abaniquillo pardo del caribe (*Anolis sagrei*) con 24 y en tercer lugar el toloque rayado (*Basiliscus vittatus*) con 20.

Tabla 4.118. Valores de abundancia relativa para los reptiles en el predio del proyecto.

No.	N. Común	N. Científico	Abundancia Relativa
1	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	20
2	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	36
3	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	24
4	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	4
5	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	8
6	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	8
TOTAL			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021).

Anfibios

Para el grupo de los anfibios, en la **Tabla 4.119**, se presentan los resultados de diversidad y abundancia.

Este grupo también se considera pobre ya que los resultados obtenidos fueron de 0.985 y los datos de “J” son moderadamente altos (0.985).

Tabla 4.119. Listado de anfibios con sus respectivos datos de índices de diversidad y equitatividad.

#	N. Común	N. Científico	Total
1	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	4
2	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	3
Total			7
Index		Total	
Shannon H' Log Base 2.		0.985	
Shannon Hmax Log Base 2.		1	
Shannon J'		0.985	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

En la tabla a continuación (**Tabla 4.120**), se presentan los datos de abundancia para los anfibios.

De igual forma para los anfibios es muy difícil de observar a simple vista y esto dificulta obtener datos de un gran número de los mismos, con relación a la abundancia relativa se puede ver a la rana arbórea (*Agalychnis callidryas*) con 57.14 seguido por la rana de bigotes (*Leptodactylus fragilis*) 42.85.

Tabla 4.120. Valores de abundancia relativa para los anfibios en el predio del proyecto

#	Nombre común	Nombre científico	Abundancia Relativa
1	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	57.143
2	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	42.857
TOTAL			100

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Fauna en la zona del entronque del este del Proyecto (Zona hotelera)

No se identificó fauna presente en la zona, esto puede deberse a que es una franja muy angosta, altamente impactada por ruido, movimiento y luz que hace difícil la observación de fauna.

Otras especies de fauna acuática

En los estudios realizados no se reportó la presencia de macrofauna en el cuerpo lagunar, tales como el cocodrilo de pantano o cocodrilo moreletii, (*Crocodylus moreletii*), o el caimán de anteojos, caimán de concha o cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), considerados como depredadores tope dentro del cuerpo lagunar, sin embargo, ambas especies están reportadas dentro del Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté y están reconocidos por la NOM-059-SEMARNAT-2010 como especies en la categoría de Amenazadas. La información disponible, de grupos que realizan monitoreos periódicos de estas especies en el SLN en coordinación con la CONANP, señalan que la densidad de organismos ha ido a la baja, registrándose menos avistamientos de organismos adultos. Para el 2001 (Lazcano-Barrero, 2001), en el resumen del “Estudio y manejo de las poblaciones de cocodrilos en el Sistema Lagunar Nichupté, Cancún, Quintana Roo” menciona que el estudio de cocodrilos dio inicio a finales de 1999, reportan una densidad relativa anual de 0.82 cocodrilos/km, la densidad más alta se registró en los meses de junio-julio (1.13 cocodrilos/km) y la menor en mayo y en el último trimestre del año, siendo de 0.62 y 0.65 cocodrilos/km respectivamente. Más adelante, en el informe del proyecto “Monitoreo y Conservación de los Cocodrilos de la Laguna Nichupté” (ONCA Maya, 2014), señalan que del 2011 al 2014, nueve organismos adultos salieron del SLN, dos por haber sido reportados en áreas que fueron convertidas a zonas residenciales y representaban peligro para los habitantes, uno más por haber tenido contacto con una persona, los otros seis murieron, algunos porque se les dio muerte, uno por enfermedad debido a la contaminación y otros no fue posible determinar la causa dadas las condiciones en que fueron hallados; para este año, solo se identificaron cuatro organismos que rebasaban los 2.0 m de longitud, lo cual es una cantidad de organismos reproductores muy

baja. La densidad promedio fue de 0.8 individuos por kilómetro, señalan también que, en ciertas áreas pueden observarse más individuos, como resultado de que son alimentado para favorecer su acercamiento como atractivo turístico, principalmente en la zona de restaurantes y bares de la zona hotelera. Para el 2021 Onca Maya tiene previsto un nuevo monitoreo en la laguna (La Verdad - Balán, Angel, 2021), el último realizado fue en 2017, reportándose la misma densidad que en 2014, manteniéndose a la baja el avistamiento de organismos adultos, así como las malas prácticas. Con respecto a los datos señalados, no se descarta la presencia de algún individuo en la cuenca norte asociada con el proyecto, sin embargo, las posibilidades son bajas y al tratarse de organismos con una buena movilidad, no se considera que resulten afectados de manera permanente, por el contrario, con la implementación de las medidas de compensación, se espera crear hábitats nuevos que estas especies puedan ocupar como sitios de refugio, descanso y alimentación, por lo que, será evaluada su presencia potencial durante el proceso constructivo, como posterior a este, se buscarán convenios de apoyo para sumarse a las estrategias de conservación a través de la difusión ambiental y para dar continuidad a las actividades de monitoreo en el sistema.

4.3.3 Medio socioeconómico

Este apartado, señala información relacionada con aspectos sociales, económicos y culturales de la región en donde se desarrollará el Proyecto y tiene la finalidad, al igual que los estudios de línea base ambiental, el contar con un referente de la zona antes de ponerse en marcha el Proyecto que aquí se somete a evaluación.

4.3.3.1 Localización regional

El Proyecto, se localiza en la ciudad de Cancún, municipio Benito Juárez al norte del estado de Quintana Roo. Cruza la laguna Nichupté en sentido sureste – noroeste. El entronque sureste es a la altura del Km 13 de la Zona Hotelera, el opuesto es el denominado distribuidor vial Kabah, denominado Monumento Antigua Torre de Control. Tiene una longitud de 8.8 Km y un ancho de 14.9 m.

4.3.3.2 Demografía

De acuerdo con el INEGI (2020) el Municipio de Benito Juárez contaba en 2020 con 911,503 habitantes, que corresponde al 49.06% del total de la población estimada en el Estado de Quintana Roo (1, 857, 985 personas) y el 1.5 % de la población nacional. En la **Tabla 4.121**, se puede apreciar el incremento poblacional a través del tiempo.

Tabla 4.121. Crecimiento de la población del municipio de Benito Juárez

	POBLACIÓN						
	1980	1990	1995	2000	2005	2010	2020
Municipio Benito Juárez	37,190	176,765	311,696	419,815	572,973	661,176	911,503

Fuente: INEGI.

Cancún es la localidad con mayor población en el municipio (888,797 personas), la siguiente localidad (Alfredo V. Bonfil) con mayor cantidad de habitantes es de 19,789.

La población conformada por hombres es de alrededor de 459,325 (50.39 %), con respecto a la edad, el grupo mayor está conformado por el rango de edad 20-39 años (173,398). Las mujeres son 452,178 (49.61 %); con respecto al grupo de edad con mayor densidad de población es el también de 20-39 años (169,461). Los datos en esta actualización por parte del INEGI en el censo de 2020, señala una disminución del 0.53 % de mujeres con respecto a la encuesta intercensal del 2015, en donde la población femenil representaba el 50.14 % de la población total en el municipio, este mismo porcentaje fue el incremento en la población masculina para el mismo periodo.

En la **Tabla 4.122**, se presentan los resultados poblacionales para cada municipio del estado, distinguiendo también entre población masculina y femenina.

Tabla 4.122. Población por municipio en Quintana Roo.

Municipio	Población total ¹			Edad mediana ²		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Total	1 857 985	936 779	921 206	28	28	29
010 Bacalar	41 754	21 051	20 703	26	26	25
005 Benito Juárez	911 503	459 325	452 178	29	29	29
001 Cozumel	88 626	44 415	44 211	30	30	30
002 Felipe Carrillo Puerto	83 990	41 954	42 036	25	25	25
003 Isla Mujeres	22 686	11 542	11 144	28	28	28

006 José María Morelos	39 165	19 855	19 310	25	25	25
007 Lázaro Cárdenas	29 171	14 844	14 327	26	26	26
004 Othón P. Blanco	233 648	115 096	118 552	30	30	31
011 Puerto Morelos	26 921	13 831	13 090	29	30	29
008 Solidaridad	333 800	170 476	163 324	28	28	28
009 Tulum	46 721	24 390	22 331	26	26	26

Fuente: Censo de población. INEGI, 2020.

Las localidades rurales de mayor población son El Porvenir, Colonia Chiapaneca Siglo XXI y Lagos del Sol. De las 324 localidades, solo 111 cuentan con registro de población, el resto registra población 0, de acuerdo a INEGI (AGEPRO - Rentabilidad social del Proyecto, 2021).

4.3.3.3 Educación

Con respecto al nivel de educación de la población, a continuación, se presentan los resultados, en algunos casos se cuenta con información actualizada con respecto del censo del 2020.

La población en edad escolar de 3 a 24 años es de 567,103 personas (INEGI, 2010). El porcentaje de la población de 15 años y más con instrucción media superior es del 28.7%, (INEGI, 2020)

El porcentaje de la población de 15 años y más con rezago educativo es del 25.9 %, (INEGI, 2017). La población de 15 años y más con algún grado aprobado en educación básica es de 506,348 (INEGI, 2010). La población de 24 años y más con algún grado aprobado en estudios superiores es de 126,262 (INEGI, 2010).

4.3.3.4 Salud

De un total de 909,366 personas registradas en el municipio, el 95.3 % cuentan con algún servicio de salud, ya sea público o privado (INEGI, 2020). Entre hombres y mujeres, existe un ligero incremento en la cantidad de mujeres que cuentan con servicios de salud, con respecto de los hombres (94.59 % y 96.03 % respectivamente).

4.3.3.5 Alimentación

De un total de 275,571 hogares censados en el municipio (INEGI, 2020), un 11.28 % tiene una condición limitada al acceso a alimentos. Entre la población masculina y femenina, el porcentaje fue mayor para las mujeres siendo de 13.01 % con respecto de los hombres (10.42 %).

4.3.3.6 Vivienda

Con respecto a las viviendas ocupadas en el municipio (275, 261), el resultado por número total de habitantes es de 908,512 personas (INEGI, 2020). Con respecto del material con que se construyó la vivienda, el 98.04 % indicó que se trata de material firme (tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto), le sigue el 1.36 % con casa de madera y el resto con otros materiales. Con respecto al techo de la vivienda, el 96.65 % se trató del mismo igualmente de material firme. Del total de viviendas, el 96.87% cuentan con cocina, así como, 47.01 % tiene entre 6-10 focos y el 37. 58 & entre 1 y 5, el resto tiene más de esta cantidad. De igual manera, el 92.77 % cuentan con sanitario exclusivo, el 7.08 % es compartido y el 0.15 % no lo especificó. Del total de viviendas, el 36. 74 % cuenta con bomba para obtener agua, el 86. 33 % tienen regadera, el 26.54 % cuentan con calentador de agua de algún tipo, de estos, solo el 1.36 % cuentan con calentador solar de agua. El 48. 86 % de las viviendas registradas cuentan con aire acondicionado y sólo el 0.59 % con panel solar para la obtención de energía eléctrica.

4.3.3.7 Población económicamente activa

Una característica distintiva en una población es la actividad económica (INEGI, 2020). La población económicamente activa municipal de acuerdo con el censo 2020 es de 435,706 personas, representan el 84.87 %, de estos, el 80.01 % son asalariados, 2.51 % son empleadores, el 16.02 % trabajan por su cuenta y el 1.37 % no reciben pago, el restante no lo especificó.

Del total de la población ocupada, el 61.51 % está relacionada con servicios de transporte, comunicación, profesionales, financieros, sociales, de gobierno y otros; el 19.33 % se dedican al comercio, el 8.7 % a la construcción, el 5. 86 % a industria minera, manufacturera, electricidad y agua, el 0.49 % a actividades agrícolas, ganaderas, aprovechamiento forestal, pesca o caza; el 4.1 % no lo especificó.

4.3.3.8 Actividades relevantes por sector económico

4.3.3.8.1 Sector primario

Agricultura

Las actividades del sector primario como la agricultura y la ganadería no resultan tan significativas en comparación con los municipios de la zona sur del Estado de Quintana Roo.

Por las características del suelo, no es viable la agricultura mecanizada, ya que se limita por las características calcáreas en la superficie de los suelos. Así mismo, por el alto contenido de calcio en las capas superiores del subsuelo, existen limitaciones para la disponibilidad del fósforo en estos suelos someros. Entre las actividades agrícolas en este municipio destaca el cultivo de maíz de grano de temporal y el establecimiento de pastizales. En 2009 se contabilizó una superficie de 150 ha sembradas, todas de maíz. La superficie cosechada reportada fue de 50 ha (INEGI, 2009).

Con frecuencia se han establecido invernaderos para el cultivo de hortalizas y viveros para la comercialización de plantas ornamentales. Mientras que, el cultivo de árboles frutales se realiza en huertos familiares, por lo general para el autoconsumo.

Esta actividad modifica en menor grado el suelo, porque aunque requiere forzosamente del retiro de la vegetación original de selva (muchas veces mediante el uso del fuego), mantiene en gran parte las condiciones físicas del suelo; sin embargo, el uso no controlado de fertilizantes y/o pesticidas químicos, o el escaso control de las heces de los animales, aunado a la necesidad de riego de estas zonas (la infiltración de agua y estos productos químicos hacia el subsuelo y manto freático), incrementan el riesgo de contaminación del acuífero, ya sea para el consumo humano y/o del que fluye hasta la zona costera donde se encuentran los manglares y arrecifes coralinos.

Ganadería

El ganado porcino es el principal en el municipio, en 2009 hubo una producción de 488 ton de carne en canal; para el mismo año se reportaron 24 ton de carne en canal de bovino, 10 toneladas de ovino, 102 toneladas de gallináceas, 3 toneladas de guajolotes, 33 toneladas de producción de huevo y 3 toneladas de miel (INEGI, 2009).

El sector agropecuario del municipio de Benito Juárez está formado por ejidatarios, avocindados y pequeños propietarios, con pequeñas unidades de producción que se distribuyen conforme al patrón de carreteras y caminos.

4.3.3.8.2 Sector secundario

Industria

En este municipio se concentra el mayor número de empresas industriales del estado; sin embargo, esta no es la actividad más importante. De manera que una gran parte de estos

establecimientos son micro o pequeños y orientados a la transformación de alimentos. En el rubro industrial se registran 470 micro y pequeñas industrias que se dedican básicamente al ramo alimenticio y a la manufactura.

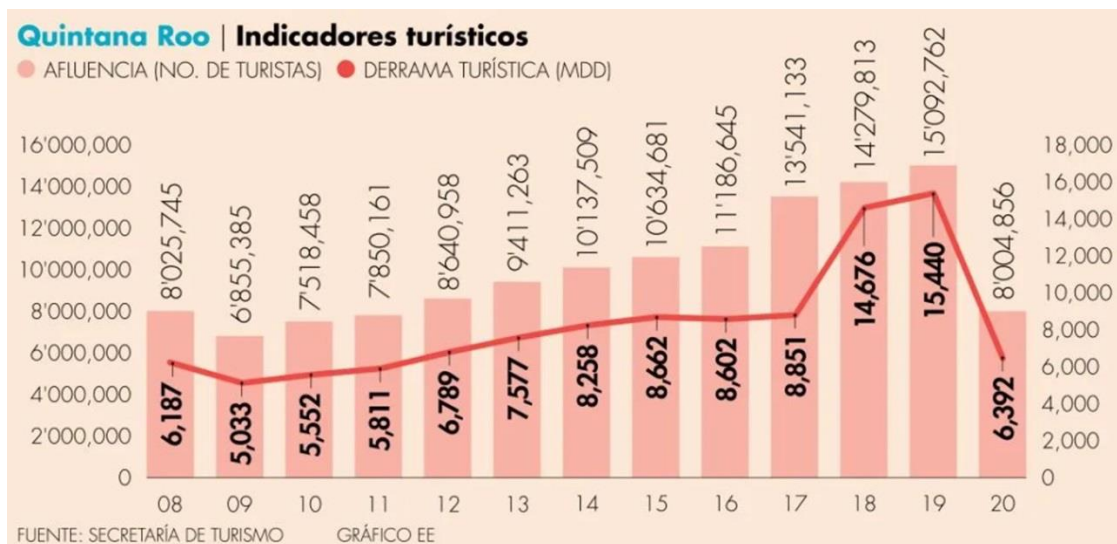
4.3.3.8.3 Sector terciario

Turismo

El turismo es la actividad más importante en el estado de Quintana Roo, para febrero del 2021 la Secretaría de Turismo, reportó 1,191 hoteles y 115, 132 cuartos hoteleros; de estos, Cancún (municipio Benito Juárez) contaba con 198 hoteles y 38,802 cuartos (Secretaría de Turismo, Quintana Roo, 2021).

En la (**Figura 4.225**), se muestran los resultados por número de turistas que llegaron al aeropuerto de Cancún entre el 2011 y 2020.

Figura 4.225. Registro de número de turistas del 2011 al 2020 en Cancún.



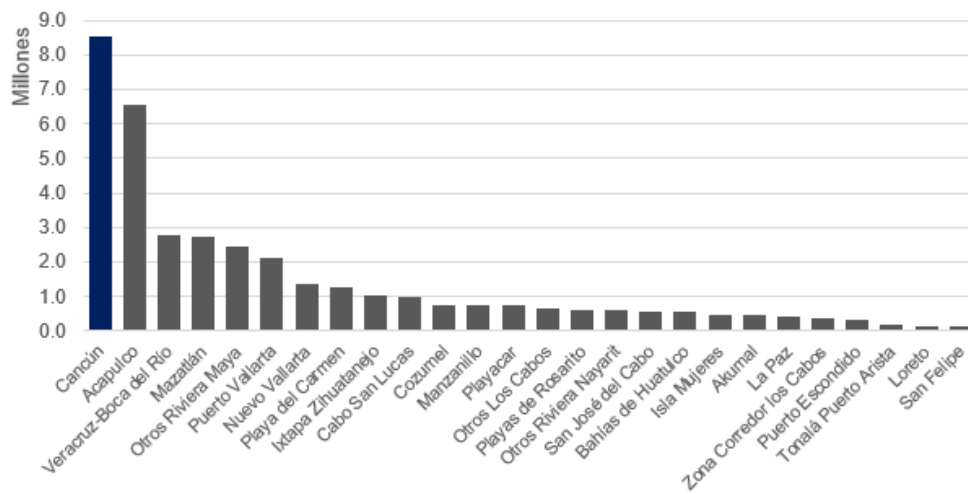
Fuente: (Vázquez, 2021)

El 2020 representó la mayor caída en cifras de turistas que visitaron Cancún, esto, debido a la pandemia por SARs-CoV-2 a nivel mundial, de acuerdo con la nota de “El Economista” (Vázquez, 2021), el efecto en el turismo fue mayor que el registrado por la epidemia anterior por H1N1 en 2009, la derrama económica fue 58.6% menor con respecto al año anterior (**Figura 4.225**). Las mayores afectaciones fueron para tres de las zonas de mayor turismo en el estado (Riviera Maya, Cozumel y Cancún), en cifras sólo se alcanzó una derrama económica de 2,746, 493 y 2,654 millones de dólares respectivamente.

De los 70 destinos principales seleccionados por DataTur de la Secretaría de Turismo (**Figura 4.226**), Cancún ocupa el segundo sitio por llegada de turistas, después de la Ciudad de México. De entre los centros de playa, Cancún ocupa el primer sitio, con un aforo de 8.5 millones de turistas, como se muestra en la gráfica siguiente (AGEPRO - Rentabilidad social del Proyecto, 2021).

Figura 4.226. Principales destinos turísticos en el país al 2018.

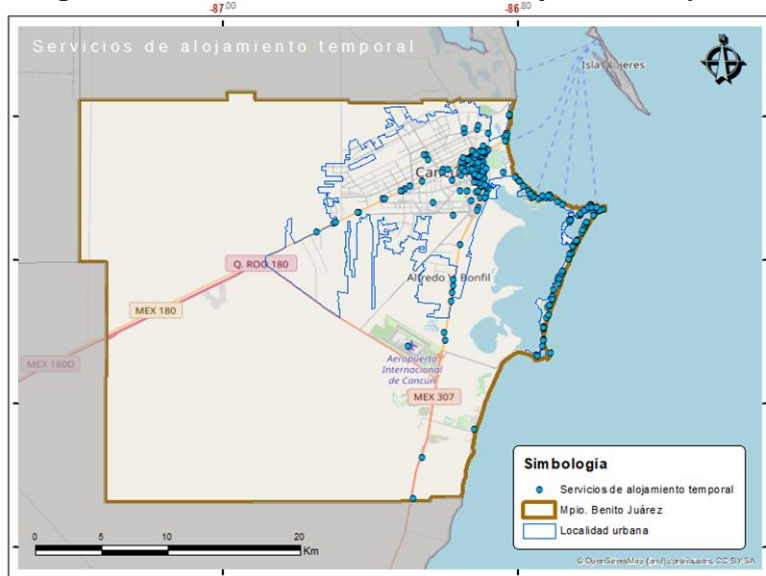
Principales Centros de Playa
Llegada de turistas (2018)



Fuente: (AGEPRO - Rentabilidad social del Proyecto, 2021) con datos de DATATUR

En el municipio de Benito Juárez, existen 4,597 unidades económicas de Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas, siendo la tercera mayor actividad en el municipio; de ellas, 4,380 se encuentran en la ciudad de Cancún. En este tipo de actividad, se desglosan en 4,319 unidades de Servicio de preparación de alimentos y bebidas, y 278 de Servicio de alojamiento temporal (**Figura 4.227**); de ellas, se encuentran en Cancún, 4,114 y 266, respectivamente (AGEPRO - Rentabilidad social del Proyecto, 2021).

Figura 4.227. Distribución de Servicio de alojamiento temporal.



Fuente: (AGEPRO - Rentabilidad social del Proyecto, 2021) con datos de INEGI 2020

Infraestructura de transporte y comunicaciones

Telecomunicaciones

Se tienen 4 canales de televisión con programación local, se recibe la señal de los canales de televisión nacionales y por medio de antenas parabólicas y servicios privados otros canales internacionales; 5 estaciones de radio, de las cuales 3 son de amplitud modulada y 2 son de frecuencia modulada. También se cuenta con la circulación de periódicos locales (dos de los cuales se editan en Cancún), nacionales e internacionales.

Cancún ofrece el servicio telefónico particular en las comunidades urbanas y algunas rurales, existen casetas públicas; oficinas de telégrafos y correos; servicio de fax, cobertura con localizadores y telefonía celular. Cancún cuenta además con servicios de fibra óptica, a través del cable submarino “Columbus II”, que le permiten comunicación directa con Europa y Centro y Sudamérica y recientemente se instaló otro cable del proyecto AMX1 con características similares.

Carreteras

De acuerdo con el Plan Estatal de Desarrollo actualizado con la Agenda 2030, “el estado cuenta con una red carretera de 5,797 kilómetros, de los cuales 952 kilómetros corresponden a la red federal y concesionada, 4,845 kilómetros a caminos alimentadores y rurales, estos últimos a cargo del estado. Del total de la red carretera, 1,162 kilómetros corresponden al 20%, mismo que se localiza en el norte del estado y zonas insulares; 1,949 kilómetros corresponden al 34% y se localiza en los municipios de Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos. Por último, 2,687 kilómetros que corresponden al 46% de la red, se ubican en los municipios de Bacalar y Othón P. Blanco. Cuenta con una red carretera que se conecta con las tres regiones del estado, así como con los corredores que conducen a la región centro del país, siendo una de las principales carreteras la México 307 que recorre la entidad de sur a norte iniciando en Chetumal, pasando por Felipe Carrillo Puerto y terminando en la ciudad de Cancún, así como la carretera México 180 que conecta de Oeste-Este la ciudad de Cancún con el vecino estado de Yucatán (**Figura 4.228**). La red federal y concesionada recibe una conservación periódica, sin embargo, los recursos destinados a la modernización de la red carretera estatal ha sido moderada, lo que se traduce en caminos inseguros y en mal estado debido a la falta de conservación durante años. Excepto por los recursos que destina la secretaria de Comunicaciones y Transporte, SCT, a la red estatal, el estado no ha destinado los recursos necesarios para mantenerlos transitables los 365 días del año.”

Figura 4.228. Vialidades principales en Cancún.



Fuente: (AGEPRO - Rentabilidad social del Proyecto, 2021) con datos de INEGI 2020.

Medios de transporte

Terminal de autobuses de Cancún

El municipio cuenta con una central de autobuses operada por el Grupo ADO y la mayor cantidad de corridas corresponden al servicio de primera clase de dicha línea, sin embargo, también cuenta con servicio de segunda clase y ejecutivo.

Aeropuerto

En lo que se refiere a infraestructura aeroportuaria, el estado cuenta con 4 aeropuertos y 18 aeródromos. En lo que corresponde a aeropuertos 3 de ellos son de nivel internacional Cancún, Cozumel y Chetumal y uno nacional en Playa del Carmen, destacando el aeropuerto internacional de Cancún, que es el segundo en importancia a nivel nacional. En el estado se tienen identificados 18 aeródromos, el 50% de ellos se localizan en los municipios de Othón P. Blanco y en Benito Juárez.”

Puertos

El estado cuenta con seis puertos principales, uno de ellos se localiza en Cancún, los otros cinco en Cozumel, Isla Mujeres, Puerto Morelos, Chetumal y Playa del Carmen.

Servicios financieros e inmobiliarios

Es muy amplio el directorio de instituciones de servicios financieros como bancos, sociedades financieras, aseguradoras, cajas populares, casas de cambio, casas de empeño, etc.

Servicios educativos y médicos

En el aspecto de la salud pública Cancún cuenta con servicios de primer nivel en la mayor parte del municipio y de segundo nivel y hospitalización, en Cancún. El Municipio cuenta con un total de 43 unidades médicas y un promedio de 15.4 médicos por cada una.

Además, en la cabecera municipal existen clínicas particulares que brindan atención de primer y segundo grado.

El municipio Benito Juárez cuenta con 628 escuelas desde educación básica hasta media superior, las cuales se clasifican de la siguiente forma: 200 escuelas de educación preescolar, 266 de educación primaria, 98 de educación secundaria, 56 nivel bachillerato y 8 profesional técnico. Así mismo, se tienen 16 escuelas de formación para el trabajo.

Actividad física y recreativa

El deporte, en Benito Juárez, tiene una amplia comunidad deportiva en varias disciplinas en cuatro estructuras; el deporte confederado, deporte popular o amateur, deporte estudiantil y deporte para personas con discapacidad en sus distintas categorías. Existen varios equipos que actúan en ligas profesionales y amateurs a nivel nacional, en deportes como baloncesto, béisbol, balompié y fútbol americano; así como diversos clubes deportivos, gimnasios, albercas para clases públicas y privadas. También existen lienzos charros, plaza de toros y diversas actividades acuáticas.

4.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

4.4.1 Estructura ambiental del SAR

Como se mencionó con detalle en el apartado 4.2 de este capítulo, la delimitación del SAR obedeció al análisis del medio abiótico, biótico y al marco jurídico. El sistema Lagunar Nichupté (SLN), perteneció a una franja continua de humedales al norte y al sur que, a partir del crecimiento de la que es hoy ciudad de Cancún fueron perdiendo su continuidad y su

interconexión superficial, de ello que el SAR para El Proyecto quedó definido tal como se presenta en la **Figura 4.229**. En este SAR se desarrollan ecosistemas con sus correspondientes procesos, funciones y dinámica y a su vez, interactúan con los procesos y dinámica antrópica, esta última ejerce una presión en función de la magnitud y duración del impacto o interacción.

Figura 4.229. Sistema Ambiental Regional del Proyecto.



Como se aprecia en la Figura 4.229, al interior del SAR, la cobertura vegetal se observa en buen estado de conservación, de acuerdo con lo reportado en los anexos de este proyecto, la zona se ha recuperado desde el impacto del huracán Wilma en 2005 que afectó severamente la vegetación; los huracanes del 2020 tuvieron impactos de menor magnitud en la vegetación. En cuanto al crecimiento de la ciudad, tal como se describió en el apartado 4.3.2.1, este cuerpo lagunar y sus ecosistemas asociados fueron perdiendo cobertura vegetal al ser reemplazados por infraestructura hotelera y de servicios y progresivamente por una ciudad en acelerada expansión, ante estos cambios. La fauna asociada también se ha adaptado a las condiciones y aun cuando se ha identificado fauna silvestre, esta está de

igual manera sujeta a la permanencia y calidad de la vegetación nativa y los cuerpos de agua para continuar sus respectivos ciclos de vida.

Con respecto a la hidrología en el SAR, tal como sucede en la península de Yucatán en general, el SLN carece de corrientes superficiales, por lo que, está sujeto al agua pluvial que recibe durante la temporada de tormentas y huracanes. El SLN está conectado con la zona marina por dos bocas, una al norte (Calinda) y otra al sur (Nizuc), a través de estas, se realiza el intercambio de agua marina, tal como se señaló en el estudio de hidrodinámica (Anexo 4.5); la boca sur es de entrada constante de agua marina y la boca norte es tanto de entrada como de salida, los diferentes cuerpos de agua cuentan con sus celdas de circulación de agua, de acuerdo con los estudios realizados en la zona y el presentado para esta MIA-R en el apartado 4.3.1.8 de batimetría. El SLN ha quedado desconectado de los humedales al norte y al sur por la presencia del Blvd. Kukulcan que carece de efectivos y suficientes pasos de agua. Al interior del cuerpo de agua se identificaron ojos de agua que desplazan agua subterránea desde otros sitios y son vertidas principalmente en la cuenca central. De acuerdo con los resultados de los análisis del agua presentados en el Anexo 4.2 y 4.6, se identificaron una serie de contaminantes y nutrientes que en algunos casos rebasan los límites máximos establecidos por la normatividad y en otros, las concentraciones de algunos compuestos representan un riesgo para los organismos que ahí se desarrollan, que de acuerdo con lo reportado en el estudio de biota acuática, las densidades y cantidad de especies son menores que las reportadas en estudios realizados en los años setenta. La presencia de derivados de hidrocarburos, metales y otros compuestos como la cafeína, son indicadores de la presencia de aguas residuales, que tal como se señaló en los estudios de agua, se han identificado y documentado descargas clandestinas de aguas de mala calidad; por otro lado, al SLN, le son canalizadas mediante canaletas, las aguas pluviales que caen sobre el Blvd. Kukulcan que arrastran lo que cae en la superficie sin medidas de control de contaminantes.

En la **Figura 4.230**, se pueden observar algunos de los cambios en las últimas décadas en el SAR.

Figura 4.230. Cambios en el SAR del Proyecto.

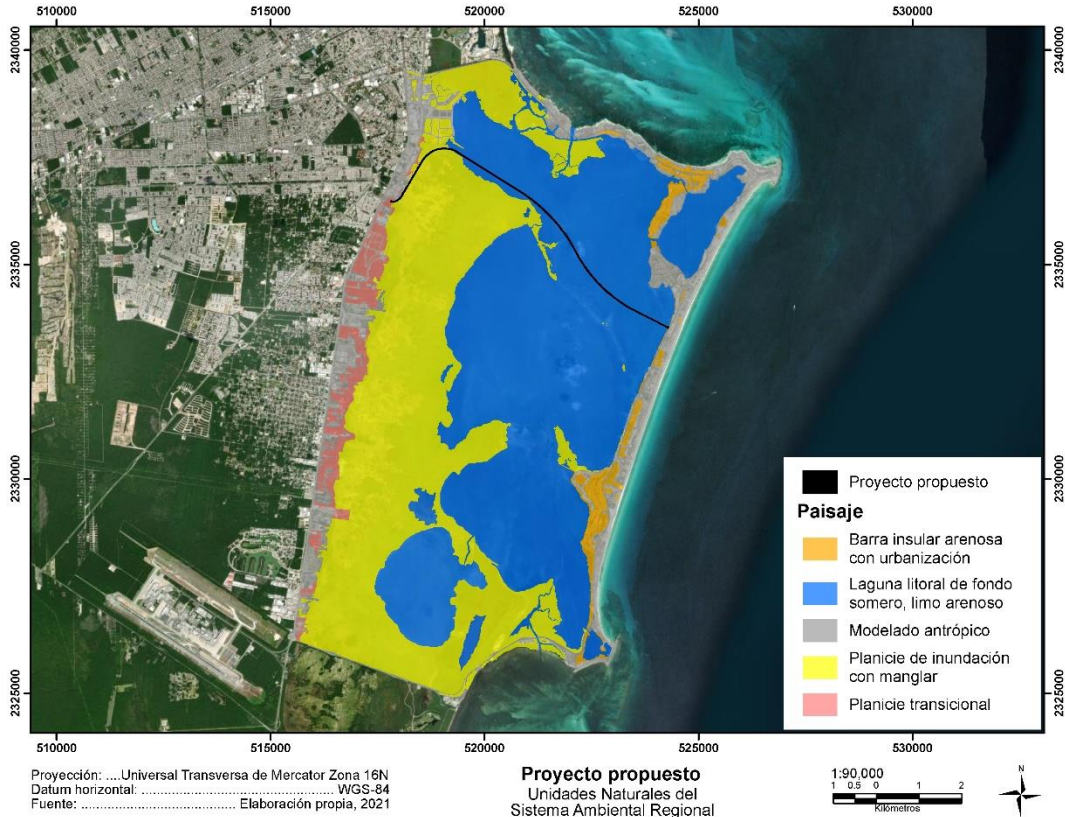


Fuente: GPPA, con datos de CONABIO, INEGI.

4.4.1.1 Unidades naturales del paisaje en el SAR

Las unidades naturales que conforman este SAR se muestran en la **Figura 4.231** y **Tabla 4.123**.

Figura 4.231. Unidades naturales del paisaje identificadas en el SAR del Proyecto.



Fuente: GPPA, con datos de CONABIO, INEGI.

Tabla 4.123. Unidades naturales del paisaje en el SAR.

Unidades / Zona	Superficie (ha)		
	Lagunar	Terrestre	Total
Modelado antrópico	0.00	1099.43	1099.43
Planicie de inundación con manglar	0.00	3578.43	3578.43
Barra insular arenosa con urbanización	0.00	221.12	221.12
Planicie transicional	0.00	274.30	274.30
Laguna litoral de fondo somero, limo arenoso	4801.39	2.02	4803.41
Total	4801.40	5175.29	9976.69

Fuente: GPPA, con datos de CONABIO, INEGI.

La ZII del Proyecto corresponde con la Sub unidad norte, tiene una superficie de 3,276.00 ha (Tabla 4.124). Con respecto a esta y las unidades naturales que la conforman.

Tabla 4.124. Sub unidades y unidades del paisaje que conforman el SAR.

Unidades/Zona	Unidad central	Unidad norte	Unidad sur	Total
Lagunar	1480.11	1797.67	1523.61	4801.39
Laguna litoral de fondo somero, limo arenoso	1480.11	1797.67	1523.61	4801.39
Terrestre	1055.30	1478.38	2641.66	5175.34
Barra insular arenosa con urbanización	10.55	94.32	116.25	221.12

Unidades/Zona	Unidad central	Unidad norte	Unidad sur	Total
Laguna litoral de fondo somero, limo arenoso	0.00	2.02	0.00	2.02
Modelado antrópico	164.03	606.74	328.65	1099.43
Planicie de inundación con manglar	754.24	757.73	2066.51	3578.48
Planicie transicional	126.48	17.58	130.25	274.30
Total	2535.41	3276.05	4165.28	9976.73

Fuente: GPPA, con datos de CONABIO, INEGI.

El Proyecto se desarrollaría según la **Tabla 4.125**. Las obras asociadas con El Proyecto representan el 0.32 % de la sub unidad norte y el 0.11 % con respecto al SAR.

Tabla 4.125. Obras del Proyecto con respecto a las unidades naturales del paisaje en el SAR.

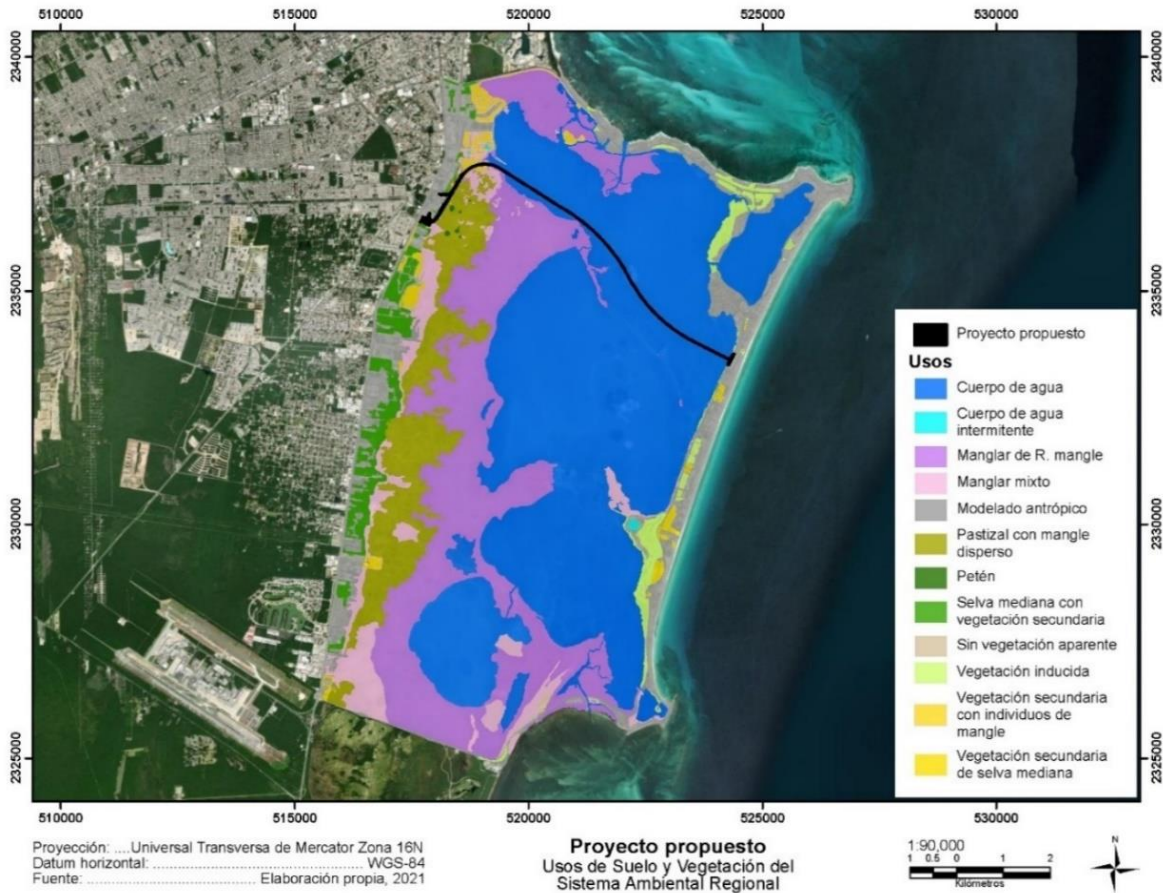
Unidades naturales / Trazo	Superficie (ha)								Total
	Permanente (ZID)			Temporal (ZII)					
	Área de usos múltiples	Pila	Terraplén	Camin o	Patio de maniobras	Acces o	Área de usos múltiples temporal	Patio de maniobras y prefabricados	
Lagunar	0.00	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
Laguna litoral de fondo somero, limo arenoso		0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00		0.15
Terrestre	0.13	0.03	1.30	0.74	0.14	0.36	1.12	6.65	10.47
Modelado antrópico	0.00	0.00	0.65	0.18	0.00	0.01	0.01	5.84	6.69
Planicie de inundación con manglar	0.00	0.03	0.02	0.48	0.13	0.29	0.02	0.00	0.96
Barra insular arenosa con urbanización	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
Planicie transicional	0.13	0.00	0.46	0.09	0.01	0.06	1.09	0.82	2.65
Total general	0.13	0.12	1.36	0.74	0.14	0.36	1.12	6.65	10.62

Fuente: GPPA, con datos de CONABIO, INEGI.

4.4.1.2 Vegetación en el SAR

En la imagen a continuación (**Figura 4.232**), se muestra la vegetación presente en el SAR del Proyecto de acuerdo con las escalas de trabajo reconocidas en la Serie VI de INEGI y CONABIO (**Tabla 4.126**).

Figura 4.232. Vegetación reconocida en el SAR del Proyecto.



Fuente: GPPA, con datos de CONABIO, INEGI.

Tabla 4.126. Vegetación reconocida para el SAR del Proyecto.

Vegetación y otras coberturas de suelo en el SAR / Zona	Superficie (ha)		
	Lagunar	Terrestre	Total
Cuerpo de agua	4801.39	2.07	4803.46
Cuerpo de agua intermitente	0.00	7.28	7.28
Manglar de R. mangle	16.08	2180.85	2196.92
Manglar mixto	0.00	507.65	507.65
Modelado antrópico	0.00	1099.43	1099.43
Pastizal con mangle disperso	0.00	769.55	769.55
Petén	0.00	3.62	3.62
Selva mediana con vegetación secundaria	0.00	245.51	245.51
Sin vegetación aparente	0.00	9.66	9.66
Vegetación inducida	0.00	180.63	180.63
Vegetación secundaria con individuos de mangle	0.00	78.39	78.39
Vegetación secundaria de selva mediana	0.00	74.59	74.59
Total	4817.47	5159.22	9976.69

Fuente: GPPA, con datos de CONABIO, INEGI.

4.4.1.3 Comparación de la vegetación y fauna en el SAR y ZII

La información a continuación corresponde con datos obtenidos de la caracterización para el ETJ, la vegetación cuenta con una buena representación de la flora arbórea que caracteriza a la selva mediana subperennifolia de la misma, de igual forma, el sitio propuesto para el cambio de uso del suelo presenta una selva mediana subperennifolia la única diferencia es que esta presenta un mayor grado de deterioro. Los datos tomados del ETJ podrían ajustarse si este pasa por alguna actualización, en cuyo caso se notificará a esta Autoridad para hacer los ajustes correspondientes.

4.4.1.3.1 Selva

En la selva, del total de las especies presentes (42), para la cuenca y el predio, se observó que la mayoría corresponden a la unidad de análisis (23) y que en el predio del proyecto pueden observarse alrededor de 23 especies, entre ambos comparten 18 especies (**Tabla 4.127**).

Para el predio de la cuenca 37 especies en sus tres estratos son consideradas como propias de la selva e indican que se encuentran en proceso de sucesión. Así también para la ZII del proyecto de un total de 23 especies distribuidas en los tres estratos, de igual forma son consideradas como propias de la selva y se encuentran en proceso de sucesión. Lo cual se refleja también por la presencia de especies leguminosas 5 y 2 respectivamente, lo que significa que se encuentran en un proceso avanzado de sucesión.

Tabla 4.127. Comparación de especies por estratos para la selva (cuenca – predio).

Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Estrato arbóreo				
Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae	X	X
Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	X	X
Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbanaceae	X	X
Bumelia	<i>Bumelia obtusifolia</i>	Zapotaceae	X	
Ciricote	<i>Cordia dodecandra</i>	Boraginaceae	X	
Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotaceae	X	X
Tzalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Fabaceae	X	X
Ramón blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	X	X
Bolchiche	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Poligonaceae	X	
Chukum	<i>Havardia albicans</i>	Fabaceae	X	X

Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Verde lucero	<i>Pithecellobium mangense</i>	Fabaceae	X	
Boichich	<i>Coccoloba spicata</i>	Poligonaceae	X	
Amate negro	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae	X	X
Chacni	<i>Calyptranthes pallens</i>	Mirtaceae	X	
Sacpa	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	Malpigiaceae	X	X
Guayancox	<i>Exothea diphylla</i>	Sapindaceae	X	X
Eculub	<i>Drypetes lateriflora</i>	Euphorbiaceae	X	
Kanazin	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Fabaceae	X	
Caracolillo	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Zapotaceae	X	X
Kitanche	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Leguminosae	X	
Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae	X	X
Maculis	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae		X
Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	Hippocrataceae		X
Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Estrato arbustivo				
Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae	X	X
Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>	Apocynaceae	X	X
Mahahua	<i>Hampea trilobata</i>	Malvaceae	X	
Nakax	<i>Coccothrinax readii</i>	Arecaceae	X	
Guano blanco	<i>Sabal yapa</i>	Arecaceae	X	X
Katzin	<i>Acacia riparia</i>	Fabaceae	X	
Pata de vaca	<i>Bauhinia divaricata</i>	Fabaceae	X	
Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Estrato herbáceo				
Piper	<i>Piper amalago</i>	Piperaceae	X	
Anturium	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Araceae	X	
Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Acanthaceae	X	X
Tripa del diablo	<i>Selenicereus donkelaarii</i>	Cactaceae	X	
Sac ak	<i>Cydista potosina</i>	Bignoniaceae	X	
Maguey morado	<i>Rhoeo discolor</i>	Commelinaceae	X	X
Chaya	<i>Cnidoscolus multilobus</i>	Euphorbiaceae	X	
Agave	<i>Agave angustifolia</i>	Agavaceae	X	
Cocolmeca	<i>Smilax mollis</i>	Smilacaceae	X	X
Bejuco morinda	<i>Morinda royoc</i>	Rubiaceae		X
Xnantus	<i>Xnantus lanceolatum</i>	Poaceae		X
Yax ak	<i>Arrabidaea podopogon</i>	Bignoniaceae		X

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

En cuanto a la fauna presente en la selva, podemos mencionar que la selva de Quintana Roo, en específico la de la subcuenca “a” (municipio Benito Juárez) ha sido de alguna manera modificada en su estructura natural al realizarse el sistema agrícola tradicional de Roza-Tumba-Quema, actividades pecuarias y turismo, además de los efectos de los huracanes que han impactado la zona y los incendios forestales. Sin embargo, esta vegetación mantiene una diversidad de especies de fauna importantes para el equilibrio ecológico del ecosistema tanto de la cuenca como del predio. A continuación, se presenta la tabla correspondiente a la fauna presente en ambos espacios y del cual así se presenta el siguiente análisis (**Tabla 4.128**).

Del total de las especies presentes (43), para la cuenca y ZII, se tiene que la mayoría corresponden al grupo de las aves, teniendo una mayor presencia el área de la cuenca (subcuenca) con 28 especies, en tanto que en la ZII del proyecto se observó la presencia de al menos 11 especies. Los mamíferos presentes en ambos predios son pocos, siete para la cuenca y seis para la ZII, así también para los reptiles y anfibios solo se reportan tres para la cuenca y dos para la ZII del Proyecto.

Tabla 4.128. Comparación de especies de fauna en la selva entre la cuenca y la ZII del Proyecto.

#	Familia	Nombre común	Nombre científico	Cuenca	Predio
Aves					
1	Icteridae	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	X	X
2	Ardeidae	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	X	X
3	Ardeidae	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	X	X
#	Familia	Nombre común	Nombre científico	Cuenca	Predio
4	Ardeidae	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	X	X
5	Ardeidae	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	X	X
6	Parulidae	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>	X	X
7	Fregatidae	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	X	X
8	Cathartidae	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	X	X
9	Recurvirostridae	Monjita americana	<i>Himantopus mexicanus</i>	X	
10	Cracidae	Chachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	X	X
11	Tyannidae	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	X	X
12	Parulidae	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>	X	
13	Corvidae	Chara verde	<i>Cyanocorax yncas</i>	X	
14	Corvidae	Chara yucateca	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	X	
15	Corvidae	Chara pea	<i>Psilorhinus morio</i>	X	
16	Icteridae	Tordo cantor	<i>Dives dives</i>	X	

#	Familia	Nombre común	Nombre científico	Cuenca	Predio
17	Icteridae	Calandria cola amarilla	<i>Icterus mesomelas</i>	X	
18	Columbidae	Paloma arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>	X	
19	Cuculidae	Garrapatero	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	X	
20	Caprimulgidae	Chotacabras pauraque	<i>Nyctidromus albicollis</i>	X	
21	Trogonidae	Trogon cabeza negra	<i>Trogon melanocephalus</i>	X	
22	Trochilidae	Colibrí vientre canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>	X	
23	Tityridae	Cabezón degollado	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	X	
24	Vireonidae	víreo ojos grises	<i>Vireo griseus</i>	X	
25	Thraupidae	Semillero de collar	<i>Sporophila torqueola</i>	X	
26	Mimidae	Cenzontle	<i>Mimus gilvus</i>	X	
27	Picidae	Carpintero cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	X	
28	Icteridae	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	X	X
#	Familia	Nombre común	Nombre científico	Cuenca	Predio
Mamíferos					
1	Cervidae	Temazate rojo	<i>Mazama temama</i>	X	X
2	Canidae	Perro común	<i>Canis lupus familiaris</i>	X	X
3	Dasyproctidae	Agutí centroamericano	<i>Dasyprocta punctata</i>	X	
4	Procyonidae	Tejón	<i>Nasua narica</i>	X	X
5	Procyonidae	Mapache	<i>Procyon lotor</i>	X	X
#	Familia	Nombre común	Nombre científico	Cuenca	Predio
Reptiles					
1	Corytophanidae	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	X	X
2	Iguanidae	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	X	X
3	Scincidae	Eslizón yucateco	<i>Mesoscincus schwartzei</i>	X	
4	Polychrotidae	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	X	X
5	Kinosternidae	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	X	X
6	Colubridae	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	X	X
7	Viperidae	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	X	X
#	Familia	Nombre común	Nombre científico	Cuenca	Predio
Anfibios					
1	Leptodactylidae	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	X	X
2	Microhylidae	Rana termitera	<i>Hypopachus variolosus</i>	X	
3	Hylidae	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	X	X

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Es importante mencionar que, en el caso de la fauna, para las aves y los mamíferos es entendible ya que el predio del proyecto se encuentra inmerso en una superficie mayor y

por ende tienen espacios por donde desplazarse, así también estos grupos no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchos son de paso y otros que por sí solos se alejan al menor ruido.

4.4.1.3.2 Humedal

El tular forma parte de las zonas inundables de la cuenca 32A, representando una menor proporción que, a decir verdad, en la escala a la que se presenta la serie VI, no son cartografiables. Parte del proyecto pretende desarrollarse sobre este tipo de vegetación en la porción oeste colindante con la ciudad de Cancún en la cuenca 32A y que por su ubicación resulta de importancia ya que se manifiestan procesos en cuanto al estado de desarrollo que guarda dicha asociación. En el humedal con pastizal (zacate cortadera, *Typha* y Carrizo) asociado con mangle disperso es en donde se han llevado a cabo modificaciones importantes consistentes principalmente en rellenos con material calcáreo, lo cual llevó a la modificación del patrón de distribución de las especies vegetales. En la **Tabla 4.129**, se presentan los resultados comparativos de las especies presentes para la vegetación por estrato en el humedal.

Del total de las especies presentes (25), corresponden a la unidad de análisis 22 especies y en la ZII de 18 especies, entre los dos comparten 15 especies.

Para la cuenca de las 22 especies, seis no son propias del humedal, sin embargo, están presentes en las áreas donde el relieve es más elevado; al no ser su zona óptima, estas tienden a presentar menores alturas “achaparramiento”. De igual manera sucede en la ZII, de las 18 especies, se identificaron al menos cinco que no son propias del humedal y que también se encuentran en las partes más altas, presentando la misma condición de menor altura.

Tabla 4.129. Comparación de especies por estratos para la vegetación del humedal (cuenca – predio).

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Estrato arbóreo					
1	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	X	
2	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae	X	X
3	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotaceae	X	
4	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae	X	X
5	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	Combretaceae	X	X
6	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	Combretaceae	X	X
7	Mangle negro	<i>Avicennia germinans</i>	Verbenaceae	X	
8	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	Rhizophoraceae	X	X

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Estrato arbóreo					
9	Amate negro	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae		X
10	Higo	<i>Ficus maxima</i>	Moraceae		X
11	Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	Hippocrataceae		X
No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Estrato arbustivo					
12	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae	X	X
13	Dzidzilche	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Polygonaceae	X	
14	Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	Arecaceae	X	X
No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Estrato herbáceo					
No.	Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
15	Amarum	<i>Panicum amarum</i>	Poaceae	X	
16	Cortadera	<i>Cladium jamaicense</i>	Cyperaceae	X	X
17	Carrizo	<i>Phragmites communis</i>	Poaceae	X	X
18	Eleocharis	<i>Eleocharis cellulosa</i>	Cyperaceae	X	X
19	Helecho de manglar	<i>Acrostichum danaeifolium</i>	Polypodiaceae	X	X
20	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Acanthaceae	X	X
21	Pasto salado	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae	X	
22	Tomatillo	<i>Solanum hirtum</i>	Solanaceae	X	X
23	Typha	<i>Typha domingensis</i>	Typhaceae	X	X
24	Tulipan	<i>Malva viscus arboreus</i>	Malvaceae	X	X
25	Xiat	<i>Chamaedorea seifrizii</i>	Arecaceae	X	

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Con respecto a la fauna presente en el humedal, se mantiene una diversidad de especies importante para el equilibrio ecológico del ecosistema. En la **Tabla 4.130**, se muestra la fauna presente en ambas unidades.

Tabla 4.130. Especies de fauna compartidas de entre el humedal de la cuenca y la ZID.

No	Familia	Nombre común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
1	Icteridae	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	x	x
2	Ardeidae	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	x	x
3	Ardeidae	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	x	x
4	Ardeidae	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	x	x
5	Ardeidae	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	x	x
6	Parulidae	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>	x	x
7	Fregatidae	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	x	x
8	Cathartidae	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	x	x
9	Recurvirostridae	Monjita americana	<i>Himantopus mexicanus</i>	x	x
10	Cracidae	Chachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	x	x

No	Familia	Nombre común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
11	Tyannidae	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	x	x
12	Parulidae	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>	x	x
13		Gallineta frente roja	<i>Gallinula galeata</i>	x	x
14	Corvidae	Chara verde	<i>Cyanocorax yncas</i>	x	
15	Corvidae	Chara yucateca	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	x	
16	Corvidae	Chara pea	<i>Psilorhinus morio</i>	x	
17	Icteridae	Tordo cantor	<i>Dives dives</i>	x	
18	Icteridae	Calandria cola amarilla	<i>Icterus mesomelas</i>	x	
19	Columbidae	Paloma arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>	x	
20	Cuculidae	Garrapatero	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	x	
21	Caprimulgidae	Chotacabras pauraque	<i>Nyctidromus albicollis</i>	x	
22	Trogonidae	Trogon cabeza negra	<i>Trogon melanocephalus</i>	x	
23	Trochilidae	Colibrí vientre canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>	x	
24	Tityridae	Cabezón degollado	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	x	
25	Vireonidae	Víreo ojos grises	<i>Vireo griseus</i>	x	
26	Thraupidae	Semillero de collar	<i>Sporophila torqueola</i>	x	
27	Mimidae	Cenzontle	<i>Mimus gilvus</i>	x	
28	Picidae	Carpintero cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	x	
29	Icteridae	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	x	x
Mamíferos					
30	Canidae	Perro común	<i>Canis lupus familiaris</i>	x	
31	Dasyproctidae	Agutí centroamericano	<i>Dasyprocta punctata</i>	x	
32	Procyonidae	Tejón	<i>Nasua narica</i>	x	x
33	Procyonidae	Mapache	<i>Procyon lotor</i>	x	x
No	Familia	Nombre común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Reptiles					
34	Corytophanidae	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	x	x
35	Iguanidae	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	x	x
36	Scincidae	Eslizón yucateco	<i>Mesoscincus schwartzei</i>	x	
37	Polychrotidae	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	x	x
38	Kinosternidae	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión.	<i>Kinosternon scorpioides</i>	x	x
39	Colubridae	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	x	x
40	Viperidae	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	x	x
No.	Familia	Nombre común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Anfibios					
41	Leptodactylidae	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	x	x

No	Familia	Nombre común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
42	Microhylidae	Rana termitera	<i>Hypopachus variolosus</i>	x	
43	Hylidae	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	x	x

Fuente: (Caracterización (ETJ), 2021)

Del total de las especies presentes en la cuenca (43), la mayoría corresponden al grupo de las aves (29 especies), en la ZII se observó la presencia de al menos 14 especies. Con respecto a los mamíferos, en la cuenca se registraron cuatro especies y para la ZII dos. En el caso de los reptiles, en la cuenca se registraron siete y en la ZII seis especies. Finalmente, para los anfibios se reportaron tres especies para la cuenca, en tanto que para la ZII se reportaron dos.

Es importante mencionar que, para las aves y los mamíferos, su poca presencia en la ZII se explica, teniendo en cuenta que, al tratarse de una zona incluida en una mayor, la fauna puede desplazarse a otros espacios en caso de sentirse amenazados, por otro lado, estos grupos tienden a moverse de manera natural.

4.4.1.4 Calidad y fragilidad ambiental en el SAR y en la ZII.

Tal como se mencionó para el SAR, las condiciones en la ZII del Proyecto reciben la misma influencia antrópica, es decir, están asociados con mayor presencia de servicios hoteleros en la sección este y a infraestructura urbana del lado oeste.

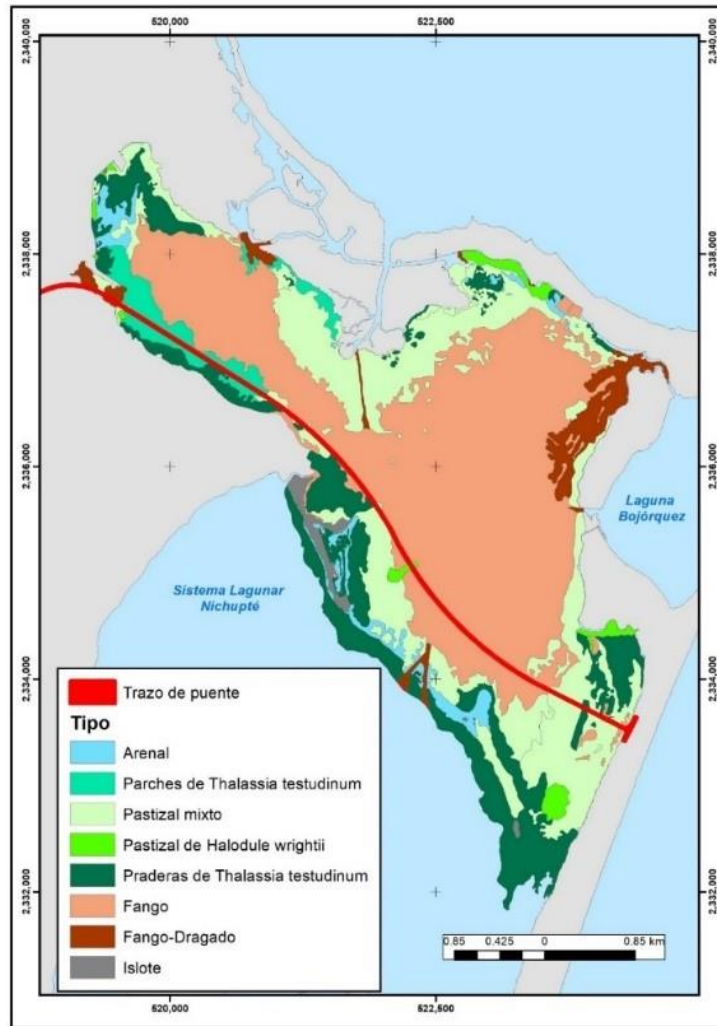
La vegetación, de acuerdo con el informe para el estudio técnico justificativo, se encuentra en estado medio de conservación, esto se debe principalmente por los impactos que tuvieron dos huracanes que impactaron la región con categoría 5, el huracán Gilberto en 1988 y el Wilma en 2005, a lo que se suma los incendios que afectaron también la zona. Actualmente hay cobertura vegetal y se menciona que el suelo no se queda sin cobertura vegetal, la vegetación arbórea forma una barrera que protege el suelo tanto del impacto directo del agua de lluvia que podría repercutir en el proceso de erosión, como, por facilitar el desarrollo de plantas en los estratos bajos que promueven también la retención de suelo. En este documento se menciona también que la pendiente es poco significativa al ser del 0.5 %. La implementación de las obras asociadas con el proyecto estará muy por debajo del límite máximo permisible en México que es de 10 ton/ha año y esta pérdida será compensada a través del acopio del suelo en las áreas sujetas a desmonte para su incorporación una vez se restauren las áreas temporales y sea restituida la cubierta vegetal (capítulo 6)

El componente que se considera más vulnerable es el agua. De acuerdo con lo reportado en los análisis fisicoquímicos del agua y el estudio de hidrocarburos y contaminantes, la cuenca norte, principalmente en la zona aledaña a Tajamar, se reportaron concentraciones altas en varios componentes evaluados, el sur de esta cuenca, recibe en parte los efectos de la cuenca que forma la laguna Bojórquez, la cual, dentro del SLN, es el área más contaminada y la que tiene reportes históricos de mayor presencia de descargas clandestinas de aguas sin el adecuado tratamiento. Las cuencas del Río Ingles y algunas zonas de la cuenca sur presentaron también en algunos sitios, altas concentraciones de contaminantes. Al igual que el cuerpo lagunar del SLN recibe aguas residuales de baja calidad, se infiere que, este mismo exporta esos contaminantes hacia el área marina y por lo tanto al arrecife. La pérdida de conexión entre humedales y la alteración del hidrociclo, han inducido una condición de estrés que reduce su capacidad de funcionar como filtros biológicos y, por lo tanto, hay una gran cantidad de nutrientes y contaminantes libres.

Con respecto a la biota acuática, la mayor cobertura y diversidad se encuentra hacia la periferia de la cuenca norte, lo cual está determinado por la menor profundidad de la columna de agua, tal como lo señalan los estudios de batimetría presentados, lo que a su vez permite una mayor cantidad de luz, que puede ser aprovechada por los pastos marinos y otras algas, que pueden proliferar ante la alta disponibilidad de nutrientes. Teniendo en cuenta que la calidad del agua no es la adecuada, considerando la turbidez como un indicador visible, tiene un efecto negativo en el alcance que pueda tener esta hacia la parte central de la cuenca en donde la densidad de pastos es muy baja y se presenta en forma de parches aislados. Es en la zona de muy baja densidad por donde pasará la mayor parte de las pilas del Proyecto. Con respecto a las zonas que, sí presentan pastos marinos, se pondrán en marcha medidas que minimicen la afectación y que se reduzca también al mínimo la suspensión de sedimentos durante las actividades de perforación, además, se pondrá en marcha un proyecto piloto que permita recabar información en una búsqueda de alternativas para recuperar la cobertura de estas especies en áreas que han sido impactadas por fenómenos meteorológicos o por actividades antrópicas. Como parte de las medidas de mitigación y compensación, con la apertura de canales en la zona que se propone para compensación del humedal, se crearán nuevos hábitats que permitirán la colonización de los pastos marinos y al convertirse esta un área de conservación, estará aislada de las actividades acuáticas que se desarrollan en el cuerpo lagunar y que ocasionan impactos negativos constantes al remover pastos y suspender sedimentos con

el movimiento de las propelas o por el paso constante de jet sky y otras embarcaciones, que desprenden los pastos del sustrato y van dejando huellas de arrastre sobre el fondo del cuerpo de agua en las zonas someras por donde pasan. Se reconoce que estas actividades requieren una mayor regulación, control de embarcaciones y sanciones. En la **Figura 4.233**, se presenta el plano de distribución de cobertura vegetal acuática asociados con la cuenca norte que fue generado en el estudio de biota acuática. La imagen que le sigue, es la obtenida en el estudio específico de pastos marinos.

Figura 4.233. Vegetación y ambientes acuáticos en la ZII del Proyecto de acuerdo con el Estudio de biota acuática.

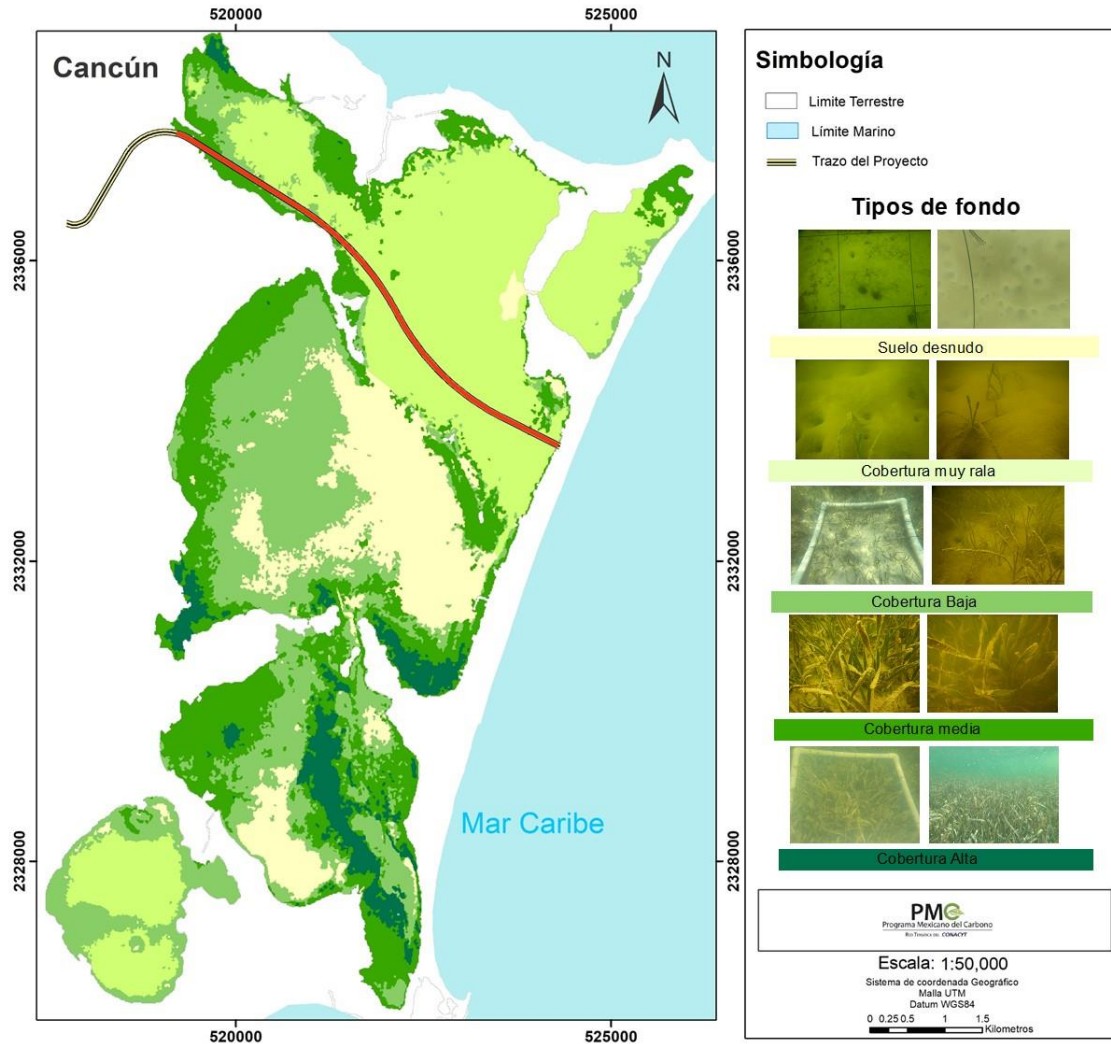


Fuente: (Informe de biota acuática, 2021).

En la **Figura 4.234**, se presenta la distribución de la cubierta vegetal con respecto al SLN. Es notoria la mayor presencia de cubierta vegetal hacia el sur, tal como se mostró en los resultados del estudio de hidrocarburos y metales y el de hidrodinámica, esto puede deberse a que por el canal sur que comunica el mar con el cuerpo lagunar, ingresa agua

marina de forma continua y esto favorece la dilución de los contaminantes, reduciendo a su vez la turbidez del agua, mejorando la calidad de la luz que llega al fondo.

Figura 4.234. Usos de suelo, vegetación y ambientes acuáticos en la Zona de Influencia Directa del PVN y trazo del Proyecto.



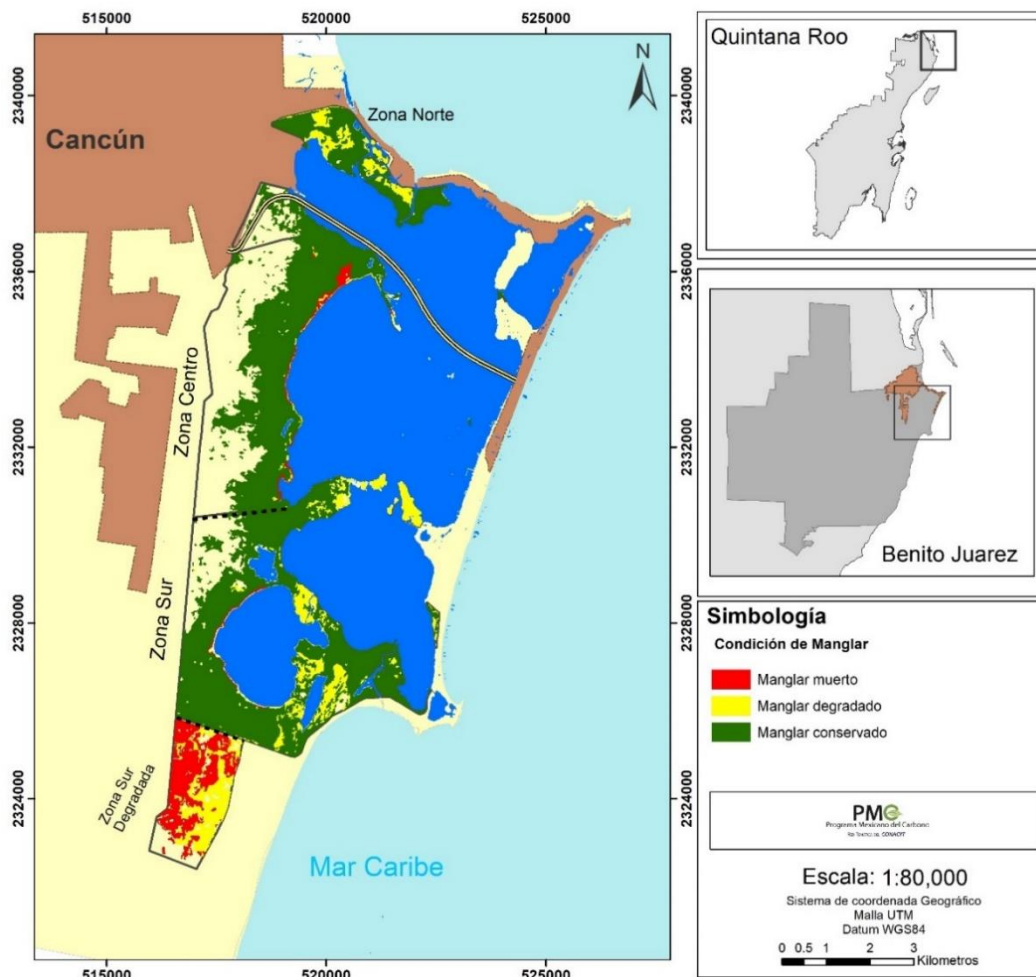
Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021)

En lo concerniente al manglar, las condiciones ambientales y las variables de estructura arbórea en el SLN, muestran la dominancia de tres tipos de condición del manglar: conservado, degradado y muerto. En la **Figura 4.235**, se observa en color rojo el área (242 ha) en donde se ha reducido y/o perdido la cobertura de manglar por los diversos impactos que se han presentado en la zona. Entre estos, se pueden mencionar los cambios en la hidrología, los efectos de los eventos meteorológicos, el desarrollo en la infraestructura turística y urbana entre otros. Con respecto al plano mencionado, es relevante señalar que, la zona señalada como “zona sur degradada” está fuera del SAR asociado con el proyecto

y requiere acciones para mejorar la hidrología y el hidroperiodo de los humedales asociados.

En las áreas más conservadas se distribuyen manglares de tipo franja, chaparro y pastizal con manglar; el degradado es principalmente de tipo cuenca y domina la parte sur del SLN.

Figura 4.235. Mapa de la condición ecológica de los manglares en el SLN.

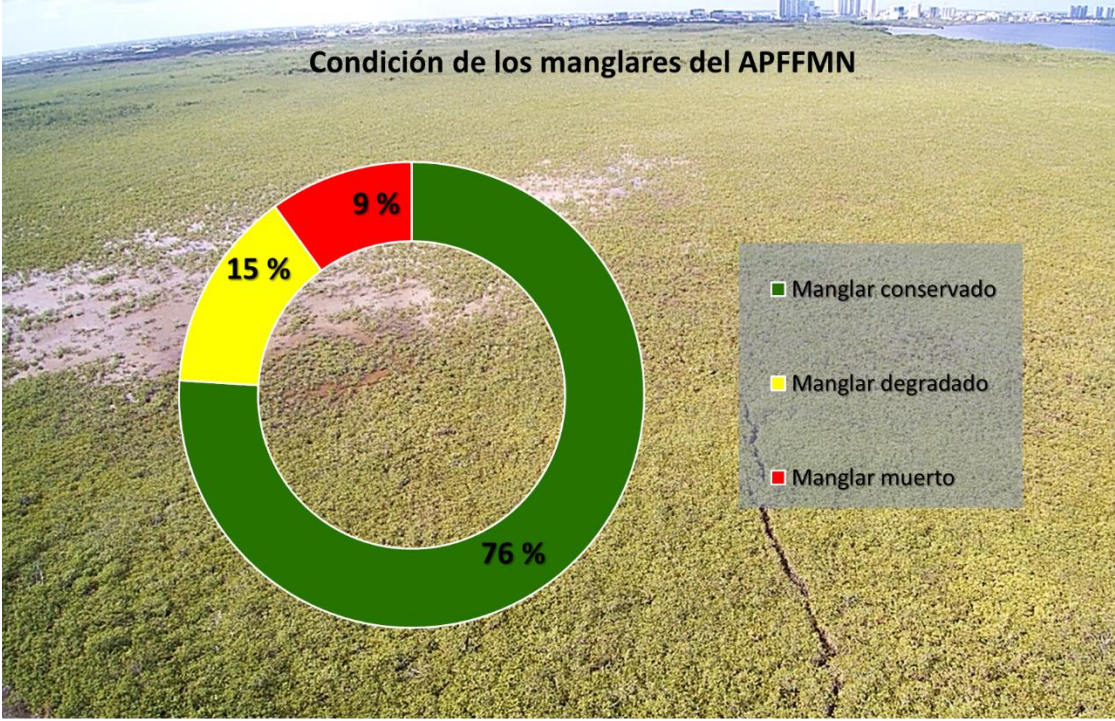


Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

Aproximadamente el 76 % (2,049 ha) de la cobertura de los manglares del SLN se encuentra en una buena condición (**Figura 4.236**). Esta estimación es importante en términos de manejo, ya que las acciones deben ir orientadas a mantener el escenario ambiental que hace posible esta condición. Resulta aún más relevante, si consideramos que este ecosistema está constantemente bajo presión por las actividades que genera la demanda turística y de servicios en la Zona hotelera, así como la urbana asociada con la

ciudad de Cancún. La recuperación de áreas que han perdido o disminuido sus bienes, servicios y atributos ambientales contribuirá a mejorar la calidad ambiental del manglar y del humedal en general y, por otro lado, mejorará su capacidad de resiliencia ante los efectos meteorológicos a los que está sujeta la región, así como, a los efectos del cambio climático y su incremento en el nivel del mar.

Figura 4.236. Proporción de las extensiones de manglar de acuerdo con tres clases de condición ecológica.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021).

4.4.2 Pronóstico ambiental sin proyecto y con proyecto

4.4.2.1 Sin Proyecto

En términos sociales, la ausencia de un proyecto de esta naturaleza representa continuar con la problemática de movilidad en la zona hotelera, que se extiende a una parte de la ciudad cuando se presentan accidentes o situaciones que bloqueen la circulación en la zona hotelera, cuyos efectos salen de esta zona y obstruyen de igual manera la circulación de varias avenidas hacia el centro de la ciudad, con repercusiones negativas para una gran cantidad de personas. Actualmente, la existencia de una sola vía de acceso (Blvd. Kukulcan), presenta un Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de 52,978 vehículos con dos periodos pico de tránsito por la mañana y por la tarde (07:00 – 10:00 h. y de 17:00 –

19:00 h). La presencia de una sola vía de acceso incrementa los tiempos de traslado cotidianos para la población que trabaja en esa zona, los cuales resultan en deterioro de la calidad de vida, para los turistas, esto mismo representa tiempos de traslado al aeropuerto o al centro de la ciudad muy largos, lo que puede repercutir de manera negativa en el retorno de turistas, que podrían elegir otro destino para evitar pasar más tiempo del necesario en traslados. Además, se trata de una vialidad insuficiente en casos de contingencia para la actuación rápida de los cuerpos de seguridad pública, servicios de atención médica y protección civil que, al no haber otra ruta de aproximación, demoran mucho más tiempo del necesario para llegar a las áreas de siniestros y a los centros de atención médica. En cuanto a la fauna, esta problemática repercute de igual manera en tiempos prolongados de afectación por ruido, vibraciones, luz constante, gases contaminantes y mayor emisión de CO₂ a la atmósfera. Visualmente (paisaje) la vista de la laguna en la zona norte del cuerpo de agua se mantendría sin cambio.

Por otro lado, continuarán probablemente sin cambio, los efectos de un crecimiento acelerado de la población y los efectos e impactos asociados; los residuos que se generan, no tienen su contraparte en prácticas adecuadas, óptimas o suficientes para el manejo total e integral de los residuos, por mencionar ejemplos concretos que podrían tener un impacto considerable en la calidad del agua que se filtra, están las aguas negras que se canalizan a letrinas, pozos o cavernas en las zonas con asentamientos irregulares que carecen de servicio de alcantarillado o aquellos que se resisten a conectarse al servicio por cuestiones de costos o por desinterés en las consecuencias, se pueden mencionar también, actividades de reparación de automotores que practican ciudadanos como una fuente de ingreso para satisfacer las necesidades propias y de sus familias, sin embargo, se realizan a nivel de calle, al aire libre, con uso y vertimiento diario de una gran cantidad de sustancias que se acumulan en el suelo y luego son arrastradas por la lluvia y filtradas sin ningún control de calidad; en este mismo sentido está también, la gran cantidad de sustancias que se usan en los hogares y zona hotelera para actividades de limpieza, aceite de cocina, medicamentos, entre otros, que son vertidos al drenaje sin control, si bien son canalizados a alguna planta de tratamiento, los resultados de los análisis del agua en el SLN indican que su calidad no es la óptima. La presencia de cafeína como indicador de residuos de origen únicamente antrópico en el SLN es una muestra del alcance que pueden tener los efluentes provenientes de actividades humanas y que se pueden cuantificar en el SLN. En cuanto al manejo de los residuos sólidos urbanos, continua haciéndose la quema de estos

como una medida reducción, actividades que se incrementan en asentamientos irregulares que carecen de servicios de limpia, por otro lado, se mencionan también los efectos de la transición de la televisión analógica a la digital que se realizó en el estado entre 2015 y 2016, sin medidas de control óptimas para el acopio de los aparatos que salían de circulación, lo que llevó a la acumulación clandestina en áreas verdes o lotes baldíos de aparatos que a la fecha se pueden observar en diferentes puntos de la ciudad, dejando al aire libre sustancias altamente contaminantes. La ciudad de Cancún está rebasada en la capacidad de atención del servicio de acopio domiciliario de residuos, lo que va a la par de un mal manejo del relleno sanitario dejando a la intemperie una gran cantidad de sustancias que emiten gases y contaminantes que son lavadas por la lluvia, con potencial filtración al subsuelo. Estas son solo algunas de las actividades que pueden tener un impacto directo en la calidad del agua subterránea, la cual, a través de ojos de agua y cavernas pueden tener una conexión directa con el cuerpo de agua del SLN y de este, con el mar y llegar a la franja de arrecifes u otras zonas.

4.4.2.2 Con Proyecto

El Proyecto, en términos sociales, resolvería una problemática reconocida desde hace varios años, que no ha sido atendida y resuelta por motivos, económicos, administrativos y sociales. El puente, aumentará la velocidad de desplazamiento disminuyendo el costo social del tiempo de los usuarios, principalmente la población de trabajadores que además de sus jornadas de trabajo, tardan horas adicionales tanto para llegar a sus centros de trabajo, como a sus hogares; se fortalecería la seguridad de los residentes y turistas de la zona hotelera ante situaciones de contingencias ambientales, así como, para acelerar los tiempos de atención médica y protección civil en caso de accidentes y contingencias ambientales.

Con respecto a las emisiones de gases contaminantes de efecto invernadero que se generan por los vehículos, en septiembre de 2020, se realizó un estudio para estimar la reducción de emisiones de CO₂ en la zona del Proyecto (**Anexo 4.11. Emisiones de CO₂**); considerando que los vehículos son una fuente importante de los gases que se acumulan en la atmósfera y están provocando el incremento de la temperatura a nivel global. De acuerdo con el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), en el 2018 señaló que “las bajas velocidades contribuyen a un incremento en la generación de emisiones contaminantes”. Para esta modelación de 2020, se utilizaron datos de rendimiento iguales para todas las unidades de los diferentes tipos de vehículos, estos datos se consideran representativos de

los vehículos que transitan en la Zona Hotelera de Cancún. De igual manera, se asume que todos los vehículos tipo A consumen gasolina, mientras que todos los vehículos tipo B y C, diésel. Los rendimientos de combustible considerados para cada tipo de vehículo son 12 km/l, 4 km/l y 3.5 km/l respectivamente de acuerdo con el IMT.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), ha publicado en el Diario Oficial de la Federación, de fecha 3 de septiembre de 2015, el Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero, este documento en su Artículo Quinto, fracción II, correspondiente a la emisión directa de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero (GEI) derivada del consumo y oxidación de combustibles en motores de combustión interna en fuentes móviles.

El IMT (2018) señaló que la reducción de emisiones consistirá en la diferencia del total de las emisiones con o sin proyecto, por tal motivo, de existir el Puente Vehicular Nichupté en el año 2021, el ahorro de dióxido de Carbono equivalente (CO₂e) para el año base sería de 5,018.27 toneladas en la zona de influencia directa del proyecto, 4% generado por el ahorro en consumo de gasolina y el 96% por el ahorro en consumo de diésel. Este resultado es producto del aumento de velocidades en diferentes tramos comprendidos en la zona de influencia directa del proyecto, este cambio permitirá acercar a los vehículos a una zona óptima de funcionamiento del motor y permitirá ahorros directos como un menor consumo de combustible, con la consiguiente reducción en la emisión de contaminantes. El resultado presentado, es producto de la utilización del puente más la descongestión en la vialidad actual.

Por otro lado, en términos ambientales, el diseño y trazo que se somete a evaluación, son el resultado de análisis y discusión de varias opciones de trazo y este, es el que generará la menor cantidad de impactos ambientales y sociales al pasar por las áreas con menor cobertura vegetal, resultando en afectaciones de carácter puntual, localizado, controlado y mitigado a través de las medidas que se proponen en el capítulo 6. Se espera que el Proyecto tenga una función de mirador también, desde donde se pueda observar el paisaje natural de mejor manera, brindando otra perspectiva a los visitantes locales y turistas que lo recorran, considerando que las vistas al Mar Caribe y también hacia la laguna, han quedado bloqueadas parcial o completamente en la mayoría, por la presencia de construcciones altas y continuas en todo el margen de la zona hotelera. Se espera también que haya una operación más segura para los usuarios, al reducirse significativamente la

posibilidad de accidentes y se facilitaría también la atención en un periodo más corto de tiempo para los servicios de emergencia y protección civil para traslado de heridos o para evacuar la zona en casos de contingencias meteorológicas. De igual manera, se contribuiría con la disminución de la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI), al reducir los tiempos de circulación. En cuanto a la biota presente en el SLN, se vería beneficiada, al reducirse los embotellamientos que resultaban en un ruido constante por sirenas y claxon de los vehículos, se reduciría a su vez el tiempo de alumbramiento en la laguna por refracción de la luz durante la noche, al reducirse el tiempo de permanencia en un mismo sitio de los vehículos con los faros encendidos. En cuanto a la vegetación, de acuerdo con lo reportado en la literatura con respecto a la sombra del puente sobre la vegetación, al estar esta desplazándose a lo largo del día y a lo largo del año, no se espera que haya un impacto negativo, por el contrario, se prevé que la sombra del puente favorezca el desarrollo de la vegetación al reducirse el estrés por la incidencia directa de la radiación solar, efecto que se incrementa cuando se suma un estrés hídrico fuera de la temporada de lluvia y con una influencia de agua con variaciones en la salinidad, de acuerdo con los estudios, de manera particular el manglar, se desarrolla mejor en sombra en un ambiente salino que al contrario, sin embargo, se llevará a cabo un monitoreo ambiental sobre este componente para evaluar el efecto y ajustar las medidas de mitigación en el SGAS.

Es por lo anterior que, en términos de proporción de infraestructura, materiales y operación del Proyecto que aquí se somete a evaluación, los impactos que tendrá en el SLN, son de carácter controlado, puntual y medido y no pone en riesgo la condición, permanencia o calidad de los ecosistemas presentes. Para controlar estos impactos puntuales, localizados se pondrán en marcha medidas y acciones de compensación que permitan recuperar la vegetación afectada y se mejoren las condiciones del humedal a través de la rehabilitación y creación de hábitats al interior del SAR del Proyecto, de acuerdo con las necesidades propias del sitio, para incrementar la cobertura de la vegetación y mejorar la calidad ambiental.

Además, en cuanto a la conservación y restauración de ecosistemas y especies ambientalmente sensibles del SAR, a través de las medidas de mitigación y compensación, se restituirá la vegetación que resulte afectada en las áreas de aprovechamiento temporal, se incrementará la superficie de áreas sujetas a conservación y protección para el APFFMN a través de la puesta en marcha de las medidas de compensación, a través de las cuales se busca mejorar la calidad ambiental de 306.6 ha. de manglar dentro del SAR del Proyecto

identificadas como manglar muerto o degradado, a través de diferentes estrategias de atención, las cuales se determinarán una vez que resulte aprobado el Proyecto y se genere el proyecto ejecutivo, entre estas se menciona, la apertura de canales topográficos, la reforestación con especies de mangle de acuerdo con la zonificación del manglar en la zona, se mejorará la condición del manglar de cuenca que cuenta con menos servicios ambientales, al crearse las condiciones para el desarrollo de manglar de borde en los márgenes de los canales, los cuales permitirán el ingreso de una mayor cantidad de agua y afecte de manera positiva el hidropereodo en zonas que se mantiene secas y salinas mayor tiempo, los canales a su vez crearán hábitats para la fauna acuática. En la parte terrestre, se regularizará la cesión de 208.44 ha. actualmente propiedad del gobierno que se encuentran dentro del Acuerdo de destino de la CONANP y se adicionarán 97.41 ha. que están fuera de este y que ampliarán la frontera del ANP. La superficie de compensación es en total de 612.45 ha.

La aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación incluidas en el capítulo 6 de la MIA- R vigilará que las obras se realicen conforme se plantearon, dando prioridad a la conservación de los ecosistemas. Como ya se mencionó, las dimensiones del proyecto con respecto al SAR, representan un porcentaje muy reducido, las actividades serán puntuales, controladas y no tendrán un efecto negativo a nivel de ecosistemas.

Con respecto a lo mencionado en el apartado sin Proyecto, hay impactos que requieren una intervención mayor para mejorar la calidad ambiental, este proyecto per se, no los va a resolver, sin embargo, al comprometerse a incidir de manera positiva en la rehabilitación de 306.6 ha al interior del SAR, promoverá y facilitará la interacción entre los diferentes sectores y niveles de gobierno para llevar a cabo las acciones que el SLN requiere para mejorar la calidad ambiental. El SLN está interconectado con la parte terrestre y marina y si no se actúa de manera integral, entendiendo esta interrelación, no habrá medidas de compensación que funcionen, ni recursos económicos suficientes y continuará la pérdida de los bienes, servicios y atributos que prestan los ecosistemas presentes. Con el proyecto, a través del comité de vigilancia externo, se buscará también que haya vigilancia y sanciones efectivas ante el incumplimiento de los criterios que regulan las actividades que se desarrollan en el SLN; ya que si lo anterior no se lleva a cabo, se limita o disminuyen las probabilidades de éxito de los proyectos que pretenden la rehabilitación o restauración de los ecosistemas al interior del SLN, teniendo en cuenta que, uno de los principios de la

restauración ecológica es detener o minimizar los impactos que recibe el sistema (SER, 2004), (CONABIO, INECOL, 2009), (SER, 2019).

4.5 CONCLUSION

Por su localización, el Proyecto, se ubica en una zona de confluencia de diversos intereses. En la región de Laguna Nichupté, se concentran intereses económicos de los cuales el turismo es la principal actividad realizada con influencia en la laguna y en el SLN.

El proyecto no se ubica dentro de ninguna área de Importancia para la Conservación de las Aves. Esta zona es adyacente a la Región Marina Prioritaria Dizlam - Contoy (RMP 62).

Desde el punto de vista ecológico, se destaca por su relevancia de preservación y conservación de ecosistemas y su localización en la zona influencia indirecta del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté (ANP), considerada además como Sitio RAMSAR. El Proyecto no se encuentra dentro del ANP.

Adicionalmente, de acuerdo con la zonificación primaria y la sub zonificación del ANP-APFFMN, el proyecto se encuentra ubicado en la zona de influencia indirecta. Es decir, el desarrollo del proyecto se plantea fuera de Zonas Núcleo, Zonas de Amortiguamiento y del área de aplicación directa del ANP.

El Proyecto garantiza la permanencia de la estructura y función del SAR y de ninguna manera implica o pone en riesgo los servicios ambientales que los ecosistemas prestan, que pueden resumirse en los siguientes:

- Producción de materia orgánica y nutrientes asimilables en la trama trófica para el incremento de biomasa.
- Depuración de aguas residuales y dilución de la contaminación por actividad metabólica de humedales.
- Retención de sedimentos y nutrientes, por humedales.
- Protección de la calidad del agua por humedales.
- Acreción sedimentaria, para atenuar la erosión y protección de la línea de costa, incrementar la vegetación costera, amortiguar la subsidencia, prevenir intrusión salina y la erosión de la línea de costa, por humedales.
- Control de inundaciones y recargo de aguas freáticas.
- Protección de tormentas y amortiguamiento de elevación del nivel del mar, por humedales.

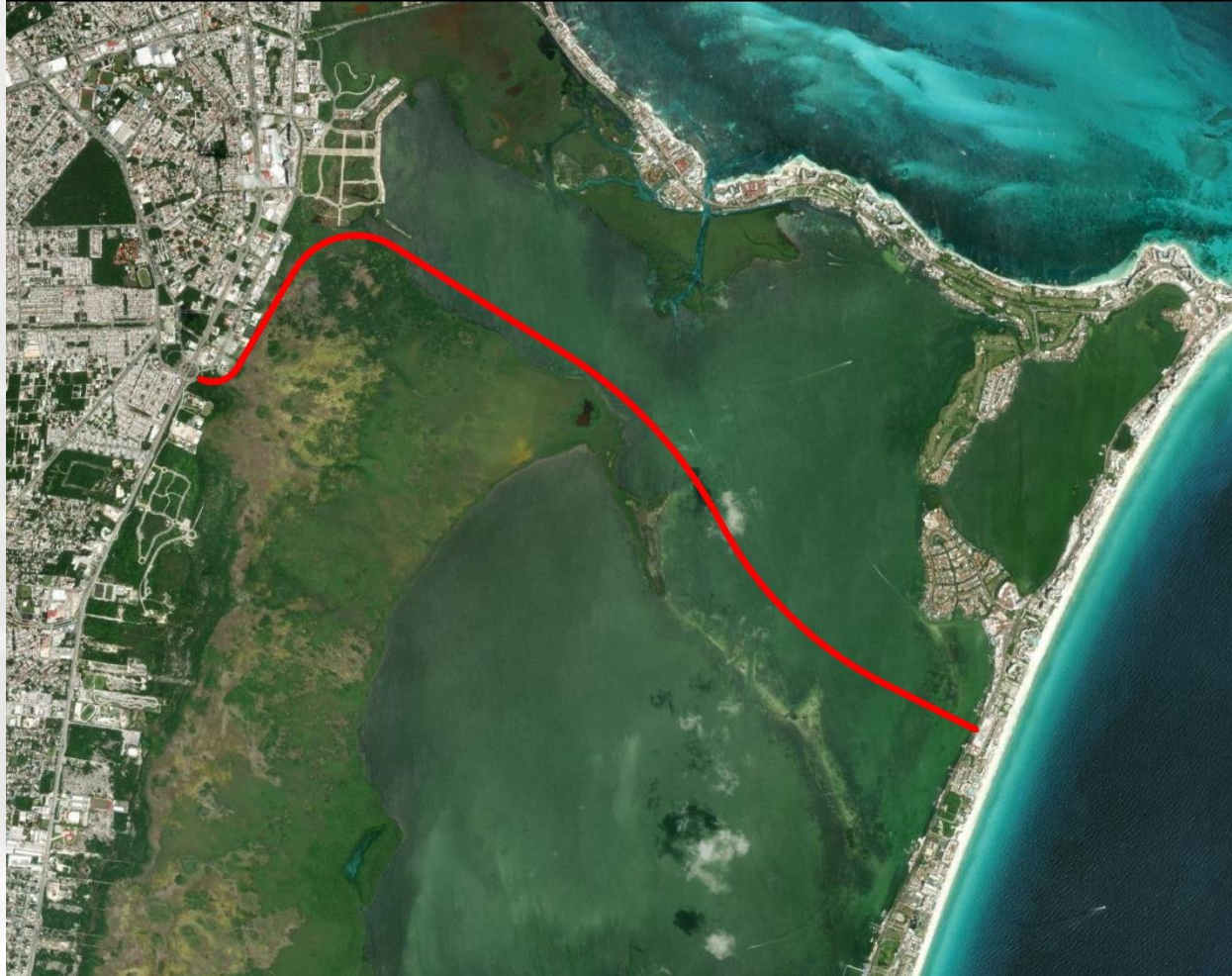
- Protección de larvas y juveniles de peces y macro-invertebrados.
- Áreas de alimentación, crecimiento y maduración de recursos pesqueros.
- Áreas de anidación y descanso de aves acuáticas y semi-acuáticas.
- Áreas de corredores biológicos de fauna y flora silvestre.
- Áreas de esparcimiento, paisajismo, descanso y turismo.
- Otros.

Estos servicios ambientales, conducen a entender que el éxito del manejo costero en la región; debe estar basado en el funcionamiento del ecosistema. Es por ello que a través del resultado de los estudios de LBA (Capítulo 4), el Proyecto propuesto considera, desde el punto de vista ecosistémico e integral, sumarse de una forma armónica a los componentes ambientales existentes sin alterar los servicios ambientales que estos prestan, por el contrario, con las medidas de compensación que se plantean en el Capítulo 6 y el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar, se busca poner en marcha un plan de mejora del entorno, con la finalidad de recuperar de manera progresiva los bienes y servicios de este Sistema Lagunar que se han ido deteriorando progresivamente al recibir una gran cantidad de impactos por encontrarse rodeado por infraestructura de servicios turísticos y urbanos. El Proyecto como tal, representa sólo una pequeña parte de la gran cantidad de proyectos que han modificado la calidad ambiental del sistema lagunar Nichupté, este proyecto por sí mismo, no puede resolver todos los problemas ambientales de este sistema y el éxito de las medidas de compensación a largo plazo deben ser acompañadas por las diferentes autoridades, que a su vez involucren y comprometan a todos los sectores para trabajar en conjunto por recuperar el entorno natural de un sitio del cual dependen miles de trabajos directos e indirectos en la región y permite el ingreso de millones de pesos anuales por servicios turísticos, los cuales están en riesgo si el deterioro ambiental continua.



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



CAPÍTULO 5

CAPÍTULO 5 IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS
IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL
SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

CAPÍTULO 5 IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

5.1 INTRODUCCIÓN

El propósito del presente capítulo es describir y evaluar, dentro de un marco regional y con visión de ecosistemas, los impactos ambientales que serán generados por las diferentes etapas de implementación del Proyecto.

Como se describe en el Capítulo 2 y 4, las Áreas de Aprovechamiento Permanente y Temporal consideradas para la implementación del Proyecto, forman parte de su Zona de Influencia Ambiental (ZIA) y por tanto del Sistema Ambiental Regional (SAR), que han sido identificadas y que se presentan en la **Figura 5. 1** y **Tabla 5. 1** y (Anexo Cartográfico), por lo que en el presente capítulo se identifican, describen y evalúan los impactos que potencialmente pueden ser inducidos en la ZIA del proyecto y SAR, en cada una de las etapas de su implementación. La información utilizada para la identificación y evaluación de impactos, se enlista a continuación:

- a) Estudios de la Propuesta No Solicitada Puente Vehicular Nichupté ([REDACTED] [REDACTED])
- b) La información técnica manifestada por la promovente en el capítulo II de la presente MIA-R ([REDACTED]).
- c) Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté, Anexo 4.2 ([REDACTED]).
- d) Caracterización y diagnóstico hidrogeológico del Sistema Lagunar Nichupté, Anexo 4.3 ([REDACTED])
- e) Prospección geofísica del Sistema Lagunar Nichupté, Anexo 4.4 [REDACTED] [REDACTED]
- f) Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté, Anexo 4.5 (f) Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021).
- g) Diagnóstico ambiental del agua, Anexo 4.6 ([REDACTED])
- h) Hidrocarburos y metales selectos en el Sistema Lagunar Nichupté, Anexo 4.7 ([REDACTED])

- i) Caracterización y diagnóstico ambiental de tipos de fondos y fauna asociada (necton y bentos) del Sistema Lagunar Nichupté, Anexo 4.8 (██████████).
- j) Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, Anexo, 4.9 (██████████).
- k) Informe técnico sobre la estructura y condición de ecosistemas de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté Bojórquez, Anexo 4.10 (██████████).
- l) Estudio de fauna terrestre de la Caracterización para el ETJ (██████████).
- m) La fotografía aérea digital georeferenciada del 2020, escala 1: 15,000 de que se dispone para la ZID del proyecto (██████████).
- n) Un sistema de información geográfico.
- o) Imágenes satelitales Landsat, obtenidas de Google Earth y posteriormente referenciadas.
- p) La información generada en los trabajos de campo y verificación.
- q) Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté (CONANP, 2015).
- r) Técnicas convencionales de Evaluación de Impacto Ambiental.

Figura 5. 1. Zona de Influencia Ambiental del proyecto Puente Vehicular Nichupté.

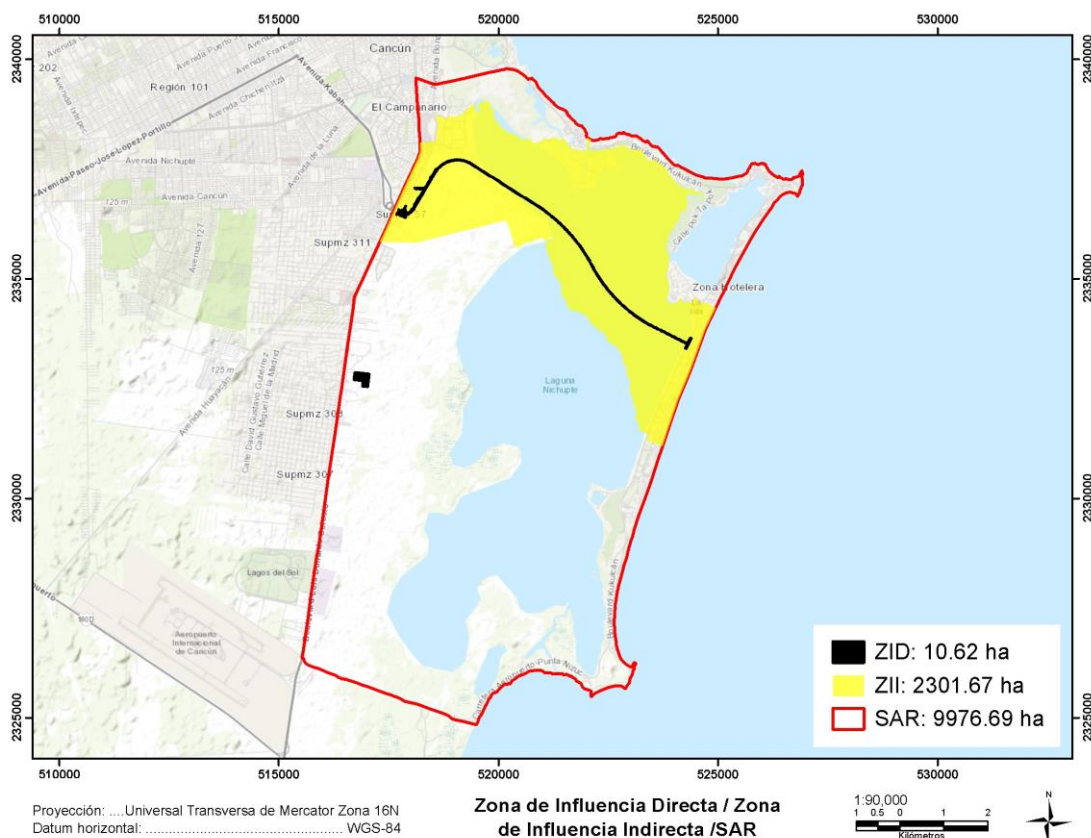


Tabla 5. 1. Zona de Influencia Ambiental del proyecto Puente Vehicular Nichupté.

USyV ZIA	Total ZID (ha)	Total ZII (ha)	TOTAL ZIA (Ha)
Lagunar	0.15	1,551.88	1,552.03
Arenal		37.29	37.2877
Fango	0.04	766.82	766.8233
Fango-Dragado		48.73	48.7309
Islote		16.08	16.0756
Parches de <i>Thalassia testudinum</i>	0.03	66.61	66.6128
Pastizal de <i>Halodule wrightii</i>	0.00	20.69	20.6869
Pastizal mixto	0.07	459.33	459.3347
Praderas de <i>Thalassia testudinum</i>	0.00	136.33	136.3279
Terrestre	3.82	749.84	753.66
Área verde jardinada	0.17	2.82	2.99

USyV ZIA	Total ZID (ha)	Total ZII (ha)	TOTAL ZIA (Ha)
Cuerpo de agua intermitente	0.03	2.63	2.66
Cuerpo de agua perenne		2.02	2.02
Manglar de C. erectus	0.11	0.83	0.94
Manglar de C. erectus c/M. brownei	0.01	9.88	9.90
Manglar de R. mangle	0.00	257.38	257.39
Manglar mixto	0.22	46.49	46.71
Manglar mixto con densidad media	0.00	16.63	16.63
Modelado antrópico	0.85	185.28	186.13
Pastizal bajo con mangle disperso		55.77	55.77
Pastizal con mangle disperso	0.64	80.24	80.88
Petén		3.62	3.62
Playa arenosa		16.17	16.17
Selva mediana con vegetación secundaria	1.75	15.67	17.42
Sin vegetación aparente	0.00	2.86	2.86
Vegetación inducida		8.95	8.95
Vegetación secundaria		0.19	0.19
Vegetación secundaria arbórea con individuos de mangle		2.76	2.76
Vegetación secundaria con individuos de mangle		31.80	31.80
Vegetación secundaria de selva mediana	0.02	7.85	7.88
Subtotal	3.97	2301.72	2,305.69
Obras fuera de la ZII	6.65	0.00	6.65
Total	10.62	2301.72	2,312.34

Nota: Se pueden presentar diferencias en décimos por el uso de diferentes sistemas computacionales.

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente podrá generar el Proyecto en su Zona de Influencia Directa (ZID) e Indirecta (ZII), fueron empleadas técnicas convencionales de evaluación de impacto ambiental. En la Tabla 5. 2 se presentan las utilizadas en el presente estudio, tomando en consideración sus limitaciones y alcances.

5.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS.

5.2.1 CARTOGRAFÍA TEMÁTICA Y SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

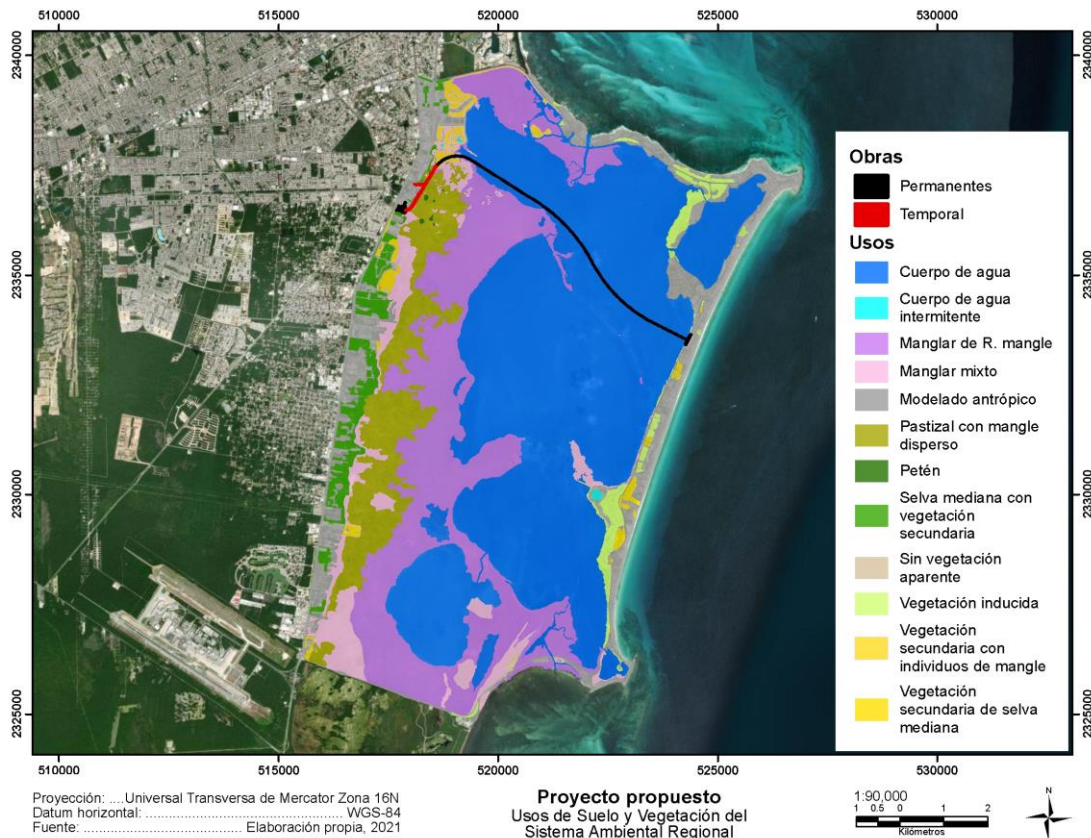
Esta técnica, apoyada en el uso de la fotografía aérea georeferenciada realizada para el Predio, así como el uso de imágenes satelitales (Google) y bancos de información cartográficos oficiales, permitió evaluar la situación ambiental actual de la ZIA y SAR del proyecto, en términos del impacto ambiental (directo) que provocará por la remoción y ocupación de la cobertura de tipos de vegetación y usos del suelo. Con base en el análisis de la información antes referida a través de Sistemas de Información Geográfica, es posible concluir lo siguiente:

Tabla 5. 2. Técnicas utilizadas para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente serán generados por el Proyecto Puente Vehicular Nichupté (Tomado de Zárate et al, 1996; WBCSD, 2016; UNEP, 2002).

Técnica	Alcances
Análisis de cartografía temática y uso de sistemas de información geográfica.	La cartografía, las fotografías aéreas y las imágenes de satélite, son herramientas metodológicas muy útiles para la EIA, permiten analizar diferentes parámetros o atributos ambientales (geología, hidrología, tipos de vegetación, asentamientos humanos y actividades económicas, entre otros) de áreas geográficas a diferentes niveles o escalas de información (Zárate <i>et al.</i> , 1996). La sobreposición de esta información, más la correspondiente al proyecto propuesto, produce una caracterización compuesta de un ambiente en el que se pueden evaluar cuantitativa y espacialmente impactos directos, así como la simulación de escenarios y riesgos ambientales (Zárate <i>et al.</i> , 1996; Gómez-Orea, 2002; Zárate, 2005, GPPA, 2006.).
Listas de chequeo	Estas técnicas se basan en la elaboración de un listado específico de componentes ambientales, agentes de impacto o etapas del proyecto (Canter, 1977; MOPU, 1982; Westman, 1985; Jain <i>et al.</i> , 1993; Smith, 1993). Son métodos que se emplean para la identificación de impactos y preliminarmente para la evaluación de los mismos, bajo la consideración de ciertos criterios o escalas (p. ej. de magnitud e importancia). La principal desventaja de estas técnicas es que no permiten definir o establecer las relaciones causa-efecto entre el proyecto y el medio ambiente y tampoco la identificación y evaluación de efectos sinérgicos (Zárate <i>et al.</i> , 1996; Gómez-Orea, 2002; Zárate, 2005).
Matrices de interacción	Las matrices son métodos cualitativos que permiten evaluar las relaciones directas causa-efecto y el grado de interacción que puede existir entre las acciones de un proyecto y los componentes ambientales involucrados en el mismo. Las matrices de interacción son herramientas valiosas para la EIA, ya que permiten no sólo identificar y evaluar los impactos producidos por un proyecto, sino valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto y determinar las necesidades de la información para la evaluación y la organización de la misma. Sin embargo, el uso de estas técnicas, presenta algunas desventajas que son importantes considerar: a) las matrices con muchas interacciones son difíciles de manejar, b) no consideran impactos secundarios o de orden mayor e impactos sinérgicos y acumulativos, c) para la valoración de cada impacto identificado es asignado un mismo peso en términos de los atributos ambientales definidos (p. ej. magnitud e importancia) y d) los valores asignados a los atributos ambientales generalmente son definidos en escalas o valores relativos, por lo que es recomendable sustentarlos con el uso de índices o indicadores ecológicos, económicos, o normas técnicas (Zárate <i>et al.</i> , 1996; Gómez-Orea, 2002; Zárate, 2005).
Juicio de expertos	Identificación y dimensionamiento de impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos con base en la experiencia y juicio de especialistas y evaluadores.
Modelos	Herramientas matemáticas que simulan el comportamiento de sistemas ambientales complejos con base en datos (físicos, químicos, ecológicos, hidrológicos entre otros) que permitan evaluar los efectos de un proyecto.

De las 9,976.73 ha de superficie que tiene el SAR, el 11 % se encuentra ocupado por infraestructura turística y urbana, el 48 % corresponde al cuerpo del SLN y el 41.6 % a superficie cubierta por un sistema de humedales costeros, pastizales y selva mediana. Los detalles pueden verse en la Figura 5. 2.

Figura 5. 2. Usos del suelo y vegetación en el SAR del proyecto Puente Vehicular Nichupté.



El proyecto pretende ocupar una superficie de aprovechamiento permanente (pilas y entronques) en zona terrestre y en zona lagunar que representa el 0.016 % del SAR total, el 0.003 % del SAR lagunar y el 0.028 % del terrestre. Como se describe en el Capítulo 6, las superficies de manglar a ser impactadas serán, no solo recuperadas, si no compensadas para un impacto neto positivo a través del “Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar” (**PRMAAM**). En cuanto a la superficie de aprovechamiento temporal, el proyecto pretende ocupar una superficie de aprovechamiento temporal en zona terrestre que representan el 0.09 % del SAR total y el 0.17 % del SAR terrestre, no se considerará aprovechamiento temporal dentro del SAR lagunar (Figura 5.2 y Tabla 5.3). Como se refiere en el Capítulo 2 y 6, esta superficie será recuperada a través del Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal (**SRAAT**).

Con base en el Estudio de Estructura y Condición de Ecosistemas de Manglar en el Sistema Lagunar Nichupté Bojórquez elaborado como parte de esta MIA-R, ha sido posible evaluar cartográficamente, el impacto en superficie y condición de este importante ecosistema (Informe técnico sobre la estructura y condición de ecosistemas de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté Bojórquez, 2021). Al respecto, se puede mencionar que, por factores como la remoción y relleno de superficies, alteración hidrológica, descarga de aguas residuales y huracanes, entre otros factores, los humedales de manglar, así como humedales de agua dulce y selvas asociadas al SLN, se han visto impactadas. En el caso de los manglares, es importante destacar que, de: las 2,697 ha de superficie existente en el SAR, el 76 % se encuentran en buen estado de conservación, 15 % en un estado de deterioro medio y el 9 % en un estado de deterioro importante (Figura 5.3 y Tabla 5.4; Anexo Cartográfico).

Al sur del SAR el ecosistema de manglar continua, sin embargo, este fue seccionado por la carretera que comunica el aeropuerto con la zona hotelera generando un impacto en la hidrología superficial y subsuperficial que ha impactado en forma severa a una superficie estimada de 346.33 ha (Figura 5. 3 y Tabla 5. 3).

Como se describe en el Capítulo 6, la promotora compromete la inversión de recursos económicos para la rehabilitación de 306.6 ha del manglar dentro del SAR, a través del PRMAAM.

Figura 5. 3. Condición ecológica de los manglares en el Área Natural Protegida Manglares de Nichupté (Informe técnico sobre la estructura y condición de ecosistemas de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté Bojórquez, 2021).



Tabla 5. 3. Condición ecológica del manglar en la ZIA y el SAR del proyecto Puente Vehicular Nichupté.

Condición de manglar	Superficie (ha)
Conservado	2,444.75
Degradado	270.42
Muerto	36.18
Total	2,751.35

Como puede verse en la Figura 5. 3, los humedales existentes en el SAR antes de la construcción de la carretera Aeropuerto-Zona Hotelera se extendían hacia el sur, pero la carretera seccionó al ecosistema. Por tal razón, se consideró como el límite sur del SAR. Sin embargo, para efectos de este estudio y particularmente para la definición de las medidas de mitigación y compensación se agregó una porción del manglar que se ha visto impactado hidrológicamente por la citada carretera y que se denomina como polígono Zona Sur. Como se puede observar en la Figura 5. 3 y Tabla 5. 3, en dicho polígono con superficie de 1,185.77 ha, el 15.2 % se encuentra en una condición de manglar degradado y el 0.8 % de manglar altamente degradado. En el Capítulo 6 se propone su rehabilitación a través del PRMAAM.

Con relación a la ZIA, la superficie de aprovechamiento permanente (pilas y entronques) que el proyecto pretende ocupar en zona terrestre representa el 0.069 % de la ZIA total, el 0.010 % de la ZIA lagunar y el 0.19 % de la terrestre. En cuanto a las superficies de aprovechamiento temporal, la superficie en zona terrestre que el proyecto temporalmente pretende aprovechar representa el 1.19 % de la ZIA terrestre y 0.39% de la ZIA Total. Como se refiere en el Capítulo 6, esta superficie será recuperada a través del **SRAAT**. En la **Figura 5. 4** y **Tabla 5. 4** se pueden observar los detalles y superficies con aprovechamiento permanente y temporal por tipos de ambientes (Anexo Cartográfico).

Figura 5. 4. Usos del suelo, vegetación o tipos de fondos en la ZIA del proyecto Puente Vehicular Nichupté.

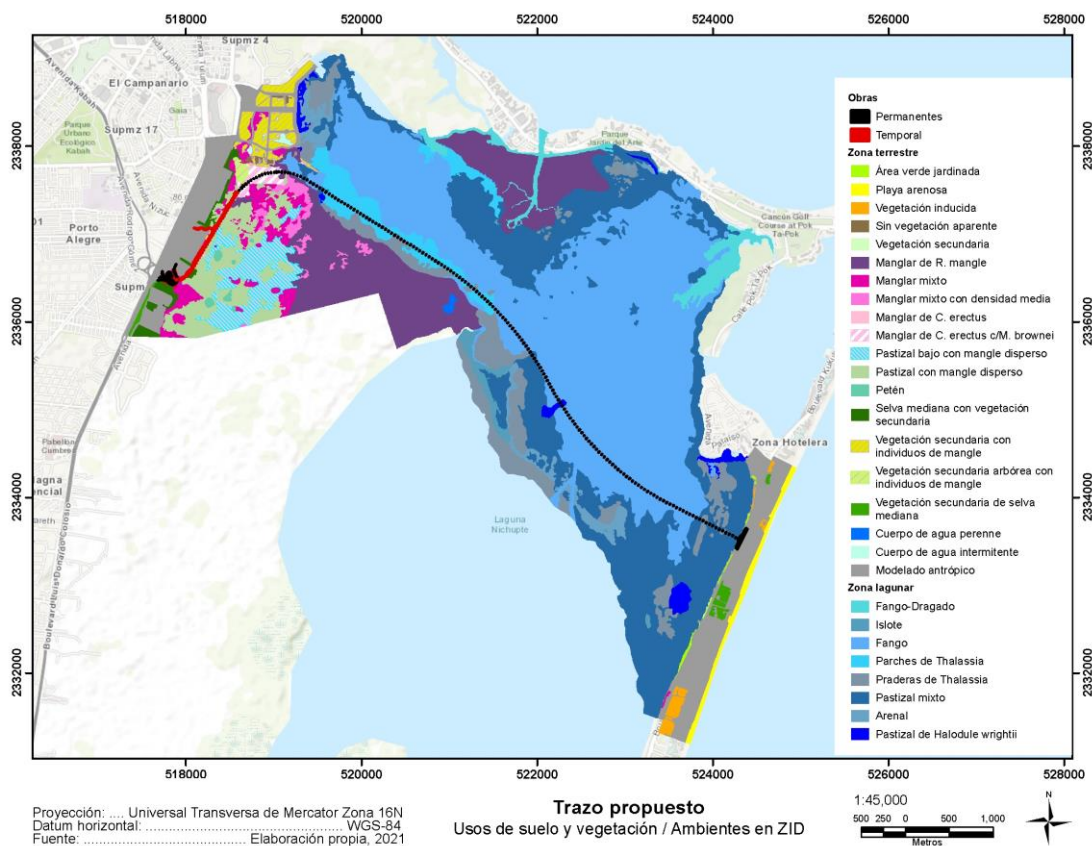


Tabla 5. 4. Usos del suelo, vegetación o tipos de fondos en la ZIA del proyecto Puente Vehicular Nichupté.

USyV ZIA	Superficie (ha)
Lagunar	1,552.03
Arenal	37.29
Fango	766.82
Fango-Dragado	48.73
Islote	16.08
Parches de Thalassia testudinum	66.61
Pastizal de Halodule wrightii	20.69
Pastizal mixto	459.33
Praderas de Thalassia testudinum	136.33
Terrestre	753.66
Área verde jardinada	2.99

USyV ZIA	Superficie (ha)
Cuerpo de agua intermitente	2.66
Cuerpo de agua perenne	2.02
Manglar de <i>C. erectus</i>	0.94
Manglar de <i>C. erectus</i> c/ <i>M. brownei</i>	9.90
Manglar de <i>R. mangle</i>	257.39
Manglar mixto	46.71
Manglar mixto con densidad media	16.63
Modelado antrópico	186.13
Pastizal bajo con mangle disperso	55.77
Pastizal con mangle disperso	80.88
Petén	3.62
Playa arenosa	16.17
Selva mediana con vegetación secundaria	17.42
Sin vegetación aparente	2.86
Vegetación inducida	8.95
Vegetación secundaria	0.19
Vegetación secundaria arbórea con individuos de mangle	2.76
Vegetación secundaria con individuos de mangle	31.80
Vegetación secundaria de selva mediana	7.88
Obras fuera de la ZII	6.65
Patio de maniobras	6.65
Total	2,312.34

Con base en el análisis de fotogrametría y de imágenes satelitales recientes que cubren parcialmente la ZIA, así como de estudios de campo, fue posible sugerir que el trazo del proyecto se alejará lo más posible del límite del ANP y se ubicará en áreas de menor calidad ambiental o ya impactadas.

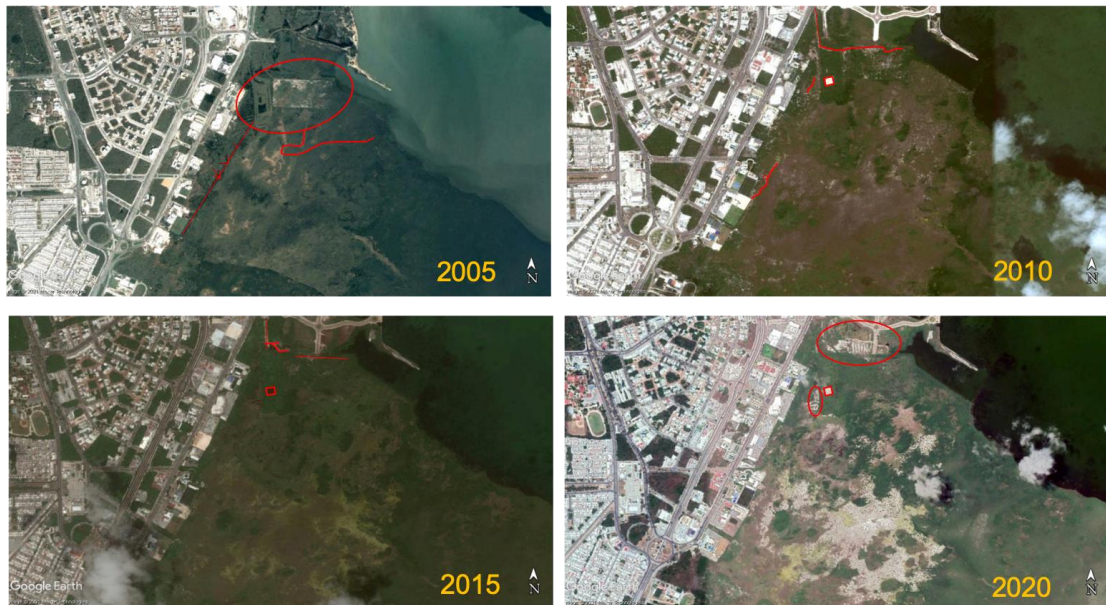
En la Tabla 5. 4 y Figura 5. 4, puede observarse que el trazo del proyecto en la zona aledaña a la zona urbana muestra evidencias de impactos preexistentes a la vegetación y particularmente al manglar. El Tramo 1 transcurre sobre una zona de selva mediana con vegetación secundaria que ha sido impactada con desmontes, rellenos y basura. El Tramo 2 transcurre sobre una unidad de pastizales con elementos aislados de manglar. El Tramo 3 transcurre sobre una zona de selva mediana con vegetación secundaria, una asociación de manglar botoncillo (*C.*

erectus) con *M. brownei* y una zona de manglar de franja. Esta plataforma fue generada por los dragados que realizó FONATUR en la laguna para habilitar la plataforma de botado de embarcaciones. Es altamente probable que la vegetación que fue impactada en su momento, haya sido de manglar. Justo por ser una zona ya impactada, es que el trazo del proyecto fue ubicado en esta sección.

En la Figura 5. 2 puede observarse que, de las 9,976.73 ha que forman el SAR, el proyecto afectará una superficie de pastos marinos y de fondos arenosos que representan el 0.003 % del SAR lagunar. Con relación a la ZIA de sus 2,312.29 ha, la superficie que el Proyecto afectará de pastos marinos y fondos arenosos representa el 0.007 % de la ZIA lagunar.

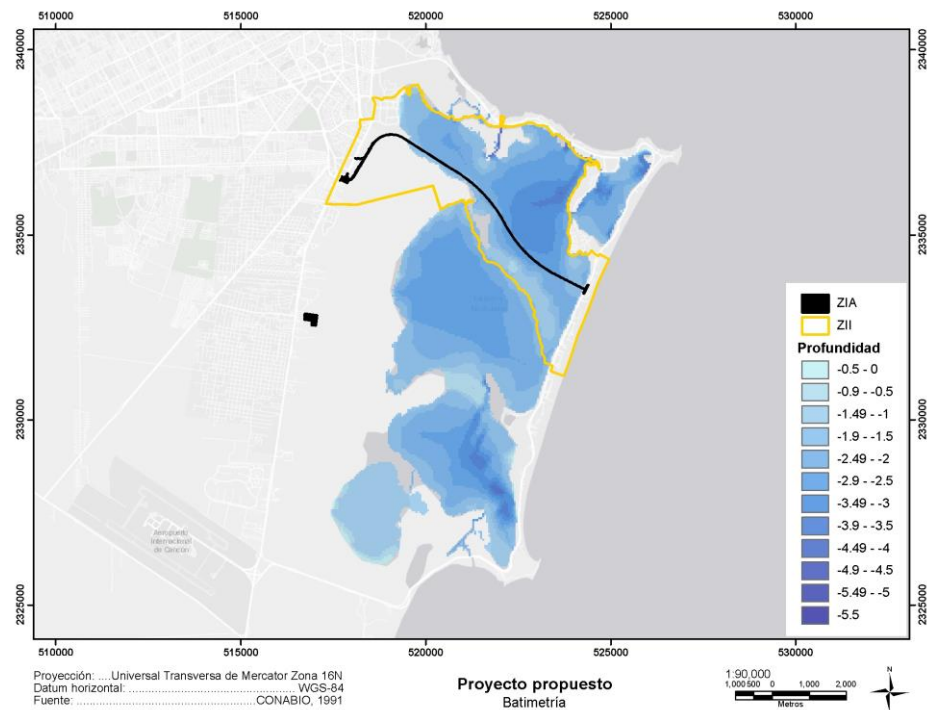
Con base en el análisis multitemporal de imágenes satelitales para la ZIA del proyecto y de los estudios ambientales de campo, fue posible identificar que la zona de manglares ha sido impactada en diferentes momentos (2005-2020) con: a) rellenos para la habilitación de caminos y terraplenes y b) para el vertido de materiales producto del dragado en la zona lagunar (Figura 5. 5).

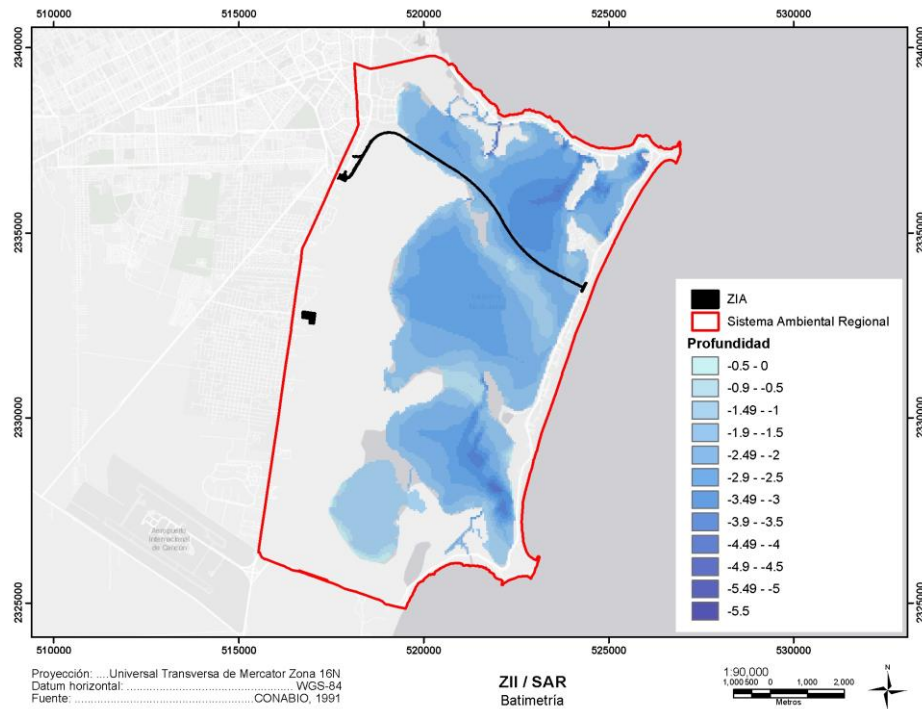
Figura 5. 5. Áreas impactadas en la ZIA del proyecto para el periodo 2005 al 2020.



Como se describe en el Capítulo 2 y 4, se realizó una campaña en el SLN, para realizar un levantamiento de su batimetría. En la Figura 5. 6 y el Anexo Cartográfico se muestra los resultados de dicho levantamiento. Se puede observar profundidad mínima registrada a lo largo del trazo es de aproximadamente -1.00 m snmm y la máxima de aproximadamente -3 m snmm.

Figura 5. 6. Batimetría de la ZIA y el SAR del proyecto.





5.2.2 LISTAS DE CHEQUEO Y MATRICES DE INTERACCIÓN.

A. MARCO DE REFERENCIA

Para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales que potencialmente pueden ser generados por el proyecto, en su ZIA y el SAR se aplicaron técnicas convencionales de EIA.

Aun cuando existen numerosas técnicas para la identificación y evaluación de las interacciones proyecto-entorno, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de sus efectos ambientales en función de la caracterización de los elementos que integran el ambiente natural y social del área de estudio, interpretar los resultados y con base en ellos establecer las medidas para prevenir los efectos ambientales negativos que pudieran generarse en la ZIA.

Por lo anterior se desarrolló una metodología para estimar los impactos provocados por la ejecución del Proyecto y reducir la subjetividad en la detección y valoración de

los mismos. De esta forma el análisis permitió determinar las afectaciones y modificaciones que se presentarán sobre los componentes ambientales de la ZIA y el SAR, así como su relevancia en términos de la definición de impacto ambiental significativo conforme a la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA)¹.

La identificación de impactos es parte esencial del proceso de la EIA, para que la Autoridad competente establezca las condiciones a las que deben sujetarse las obras o actividades que puedan causar un daño al ambiente (LGEEPA Art. 28).

Para identificar los impactos ambientales de proyectos en zonas costeras de forma realista, funcional y poco subjetiva, es recomendable que estos se analicen bajo un Enfoque basado en Ecosistemas (UN, 2018)². Esto es, considerar a dichos ecosistemas como sistemas complejos y dinámicos que pueden cambiar como consecuencia de acciones y procesos que inciden sobre componentes de diversos niveles de complejidad; así como incluir la interconectividad e interdependencia de los componentes naturales y enfatizar la importancia de la estructura y función de los ecosistemas que proveen bienes y servicios ambientales (Curtin y Prellezo 2010).

¹ IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

² La planificación espacial marina y la gestión integrada de zonas costeras reconocen la naturaleza interconectada de los ecosistemas costeros y ven a los humanos como parte de este sistema. Se enfocan en mantener en el ecosistema su integridad y funcionamiento, para garantizar la resiliencia al cambio y la prestación sostenida de sus bienes y servicios ambientales.

Un enfoque basado en ecosistemas integra objetivos ecológicos, económicos y sociales en un solo enfoque: respetando su estructura y función, equilibrando el uso y el desarrollo humano con las necesidades de conservación y protección de los ecosistemas. Es un principio clave de sostenibilidad (UN, 2018).

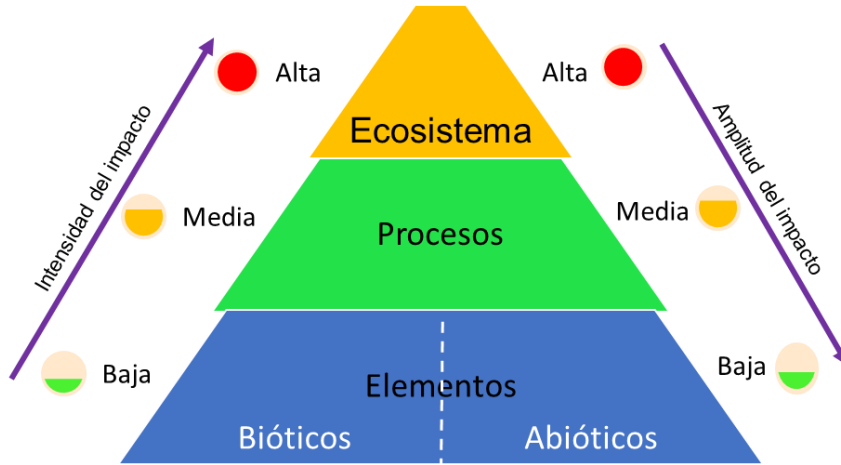
Basados en lo anterior se identifican tres diferentes niveles de complejidad ecológica sobre los cuales, pudieran generarse impactos derivados de las acciones del proyecto. Estos niveles son:

- Elementos naturales: elementos químicos, físicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre (LGEEPA Art. 3º fracción XV).
- Procesos naturales: serie ordenada de eventos naturales cuya dinámica y magnitud determinan la funcionalidad de un ecosistema y pueden influenciar las condiciones ambientales locales, regionales o globales (Naeem *et al.* 1999).
- Ecosistemas: unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA Art. 3º fracción XIII).

La interdependencia entre cada uno de estos niveles, permite discriminar los impactos de acuerdo con su intensidad y evita contabilizar dos o más veces un mismo impacto, ya que cuando se afecta un nivel mayor forzosamente hay impactos en los niveles inferiores, que ya no es necesario contabilizar, logrando así una mayor certidumbre y objetividad en el proceso.

La clasificación mencionada también facilita la evaluación de los impactos ambientales de acuerdo con su intensidad, ya que impactos más intensos son los que afectan la integridad de los ecosistemas, los impactos intermedios son los que afectan los procesos naturales; y los impactos de menor intensidad son los que solo afectan elementos del SAR (Figura 5. 7).

Figura 5. 7. Diagrama conceptual del fundamento ideológico para el proceso de análisis de impactos ambientales para el Proyecto. Se muestra la interdependencia de los 3 niveles de complejidad de los ecosistemas. Los elementos sostienen a los procesos, los cuales determinan las funciones y características particulares de cada tipo de ecosistema.



B. FACTORES DE IMPACTO AMBIENTAL

Para efectos de la presente EIA, se entiende por acción a la parte activa de un proyecto, que interviene en la relación causa-efecto y genera un impacto ambiental (Gómez-Orea 2002). Las acciones se identifican a partir del análisis de cada una de las obras y actividades que se realizarán durante las diferentes etapas de implementación del **Proyecto** (Capítulo 2):

- a) *Preparación del sitio.* Consiste en las labores necesarias para el acondicionamiento del terreno que permitan su uso de acuerdo al objetivo planteado. Generalmente no representa la construcción o instalación de infraestructura, aunque si requiere de la intervención de la ZID.
- b) *Construcción.* Consiste en todas las actividades necesarias para el desarrollo de las obras físicas sobre el terreno y que en su mayor parte conforman la ZIA del proyecto.
- c) *Operación y mantenimiento.* Consiste en las actividades necesarias para hacer funcionar y mantener en buen estado las obras del proyecto. Incluye las labores de seguimiento y monitoreo.
- d) *Abandono.* Conjunto de obras temporales o definitivas que pierden funcionalidad para el proyecto y que tienen que ser eliminadas con el objeto de que no continúen generando impactos ambientales relevantes. Con la aplicación de los respectivos programas de rehabilitación ambiental.

Una vez que han sido definidas y descritas las actividades y obras consideradas en cada etapa del proyecto, se identifican las acciones generadoras de impactos ambientales, entendidas como las posibles causas simples, precisas, localizadas y bien determinadas de impacto ambiental. Éstas pueden derivar de una o varias obras o actividades del proyecto o de la interacción con otras actividades y obras que se desarrollan en la ZIA y el SAR.

Tomando como referencia la descripción del proyecto (Capítulo 2), el análisis detallado de los estudios de LBA (Capítulo 4) y del juicio de expertos participantes en el presente estudio se elaboró la **Lista Obras y Actividades que Producen Impactos Ambientales en los Componentes Ambientales de la ZIA y el SAR** (Tabla 5. 5). En dicha Lista de Chequeo, es posible identificar **31** acciones agrupadas

en 2 componentes o bloques, que podrían causar impactos al ambiente en una o varias fases de su implementación. Éstas sirven de base para la identificación y evaluación de impactos como se describe más adelante en el presente capítulo.

Tabla 5. 5. Lista de Obras y Actividades que Producen Impactos Ambientales en los Componentes Ambientales de la ZIA y el SAR (Ver detalles en Capítulo 2).

COMPONENTES	FASE	ACTIVIDADES Y OBRAS
Puente Vehicular Nichupté	Preparación.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Difusión, capacitación y aseguramiento. 2. Trazo y marcaje. 3. Rescate de flora y fauna (terrestre y lagunar). 4. Acarreo de materiales. 5. Delimitación áreas de aprovechamiento. 6. Implementación sistema de señalización ambiental (terrestre y lagunar). 7. Estudios geotécnicos y de geofísica. 8. Desmote y despirme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 9. Construcción y operación del Patio de Maniobras. 10. Excavaciones y rellenos. 11. Obras y servicios provisionales de apoyo. 12. Restauración de áreas de aprovechamiento temporal. 13. Rehabilitación de áreas de manglar degradadas.
	Construcción.	<ol style="list-style-type: none"> 14. Caminos, terraplenes y patios de maniobras temporales. 15. Construcción de entronques. 16. Perforación <i>in situ</i> para colado de las pilas en zona terrestre y lagunar. 17. Hincado de tubos de acero zona terrestre y lagunar. 18. Colado de columnas y pilas zona terrestre y lagunar. 19. Montaje de cabezales y trabes zona terrestre y lagunar. 20. Colocación de prelosa y colado de losas zona terrestre y lagunar. 21. Pintura y señalamientos. 22. Limpieza y retiro de obras provisionales.
	Operación y mantenimiento.	<ol style="list-style-type: none"> 23. Bacheo y/o sellado de grietas 24. Pintura y señalamientos. 25. Limpieza. 26. Tránsito vehicular.
	Abandono	<ol style="list-style-type: none"> 27. Renivelación de áreas de aprovechamiento temporal. 28. Reforestación y rehabilitación de áreas impactadas (SRAAT).
Restauración y Mejoramiento de Áreas de Manglar (PRMAAM)	Preparación.	<ol style="list-style-type: none"> 29. Habilidadación y operación de vivero de mangle.
	Construcción.	<ol style="list-style-type: none"> 30. Rehabilitación de flujos hídricos, reforestación y monitoreo ambiental.
	Operación y mantenimiento.	<ol style="list-style-type: none"> 31. Reforestación y monitoreo ambiental.

C. COMPONENTES AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER IMPACTADOS

Se denomina factor o componente ecológico a los elementos del ambiente susceptibles de actuar directamente sobre los seres vivos, por lo menos durante una etapa de su desarrollo. Se clasifican en abióticos, que incluyen el conjunto de características físico-químicas del medio; y bióticos, que son el conjunto de interacciones que tienen lugar entre los individuos de la misma especie o de especies diferentes (Dajoz 2001). Para efectos del análisis de impactos ambientales, también se consideraron como factores, los elementos socioeconómicos ya que son parte primordial de los procesos de degradación y conservación de los recursos.

Se define como entorno a la parte del medio ambiente que interacciona con el proyecto en términos de fuentes de recursos y materias primas, soporte de elementos físicos y receptores de efluentes a través de los vectores ambientales aire, suelo y agua, entre otros (Gómez-Orea, 2002), así como las consideraciones de índole social.

Por último, un impacto ambiental es una modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (LGEEPA Art. 3º fracción XIX). En este sentido, para efectos del presente análisis, fue necesario clasificar los impactos identificados según el nivel de importancia global en dos tipos:

- Impactos que inciden únicamente sobre factores dentro de la ZIA o SAR (regionales) del proyecto.
- Impactos que inciden sobre factores fuera de la ZIA y el SAR (suprarregionales) del proyecto.

Se identifican dos impactos ambientales que pueden incidir sobre factores más allá de la ZIA y el SAR: a) el **Cambio Climático Global**, el cual se define como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (ONU 1992) y b) el **PRMAAM**, planteado considera la implementación de medidas que restituyan la conectividad hidrológica en las 306.6 ha de manglar impactado pasando el límite sur del SAR (Figura 5. 3).

Los impactos ambientales que inciden sobre la ZIA y el SAR, se identifican de acuerdo con el diagnóstico presentado en el Capítulo 4 de esta MIA-R, tanto para el medio lagunar como para el terrestre. Dichos factores se clasifican en alguno de los tres niveles de complejidad ecológica descritos en la Figura 5. 8.

Mas adelante se describen los resultados de la evaluación de impactos, por medio de listas de chequeo y matrices de interacción. De esta forma es posible identificar los impactos que podrán ser provocados a la ZIA y por tanto al SAR, a efecto de implementar las correspondientes medidas de mitigación y compensación que se detallan en el Capítulo 6.

Con base en lo antes expuesto fue posible identificar **23** factores susceptibles de recibir impactos en la ZIA y el SAR, de los cuales **13** son elementos, **7** son proceso y **3** son ecosistemas (Figura 5. 8 y Tabla 5. 6).

Figura 5. 8. Factores del medio susceptibles de recibir impactos identificados en el área de influencia del Proyecto.

ELEMENTOS	AIRE	ACUÍFERO	AGUA	SUELO	GEOLOGÍA	FONDO LAGUNAR	BIENESTAR SOCIAL
	VEGETACIÓN TERRESTRE	VEGETACIÓN ACUÁTICA	FAUNA TERRESTRE	FAUNA LAGUNAR	PAISAJE	USOS DEL TERRITORIO	
PROCESOS	MOVILIDAD Y CONECTIVIDAD		DINÁMICA LAGUNAR	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	CORREDORES BIOLÓGICOS		
	ACTIVIDADES URBANAS Y RECREATIVAS		INTEGRACIÓN TERRITORIAL		SALUD Y SEGURIDAD		
ECOSISTEMAS	SELVA		MANGLAR	PASTOS MARINOS			

En la Tabla 5. 6, con base en el juicio de expertos y el análisis de todos los estudios de LBA realizados para el proyecto, se presenta un análisis de los factores del medio que potencialmente serán afectados por este, el tipo de impacto y la causa probable de generación. Para cada uno de los impactos identificados para la ZIA y el SAR se propondrán las correspondientes medidas de mitigación a través de un **Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS)** ver Capítulo 6), que incluye todas las medidas de manejo ambiental propuestas por los diferentes especialistas que participaron en los estudios de LBA del proyecto.

Tabla 5. 6. Factores del medio en la ZIA y el SAR susceptibles de recibir impactos por el desarrollo del Proyecto.

Nivel	Factor modificado	Impacto	Causas posibles de impacto
Elementos	Aire	Contaminación por ruido	Generación de ruido por vehículos, maquinaria, equipos de instalación y construcción.
		Contaminación por gases y polvos	Emisión de gases efecto invernadero (GEI) producidos por vehículos, maquinaria y equipos de construcción. Emisión de partículas suspendidas a la atmósfera por actividades de desmonte, construcción y transportación de materiales.
	Acuífero	Contaminación por residuos y sustancias tóxicas.	Vertimiento accidental de residuos sólidos, líquidos y/o peligrosos en la zona terrestre por mal manejo de maquinaria, vehículos, almacenes y servicios para los trabajadores. Liberación de contaminantes (retenidos en sedimentos) durante los trabajos de perforación. Lixiviados de materiales, lodos y sedimentos extraídos de las perforaciones de los sitios de hincado en los bancos de tiro.
	Agua	Contaminación por residuos y sustancias tóxicas.	Vertimiento accidental de residuos sólidos, líquidos y/o peligrosos a la laguna por mal manejo de maquinaria, vehículos, almacenes y servicios para los trabajadores. Liberación de contaminantes (retenidos en sedimentos) durante los trabajos de perforación.
		Transparencia y turbiedad	Resuspensión de sedimentos en columna de agua por el tránsito de embarcaciones motorizadas y equipos de construcción en zonas someras, así como escurrimientos de aguas pluviales en los frentes de trabajo y de las zonas urbanas.
	Suelo	Compactación	Paso de maquinaria pesada, nivelación y relleno con materiales para las superficies de rodamiento temporales y permanentes.
		Pérdida de suelo	Relleno, despalme, nivelación, cimentación.
		Contaminación	Generación de residuos sólidos, líquidos y/o peligrosos.
		Recuperación de suelo	Enriquecimiento del suelo con materia orgánica, para habilitación de áreas ajardinadas.
	Geología	Alteración física y química de estratos y estructuras geológicas (cavernas, fallas, fracturas preferenciales, otras).	Perforación, colado de pilas.
	Fondo lagunar	Modificación del tipo de fondo	Resuspensión y acarreo de sedimentos durante la construcción y cambios de circulación por pilas.
		Contaminación	Vertimiento accidental de residuos sólidos, líquidos y/o peligrosos a la laguna por mal manejo de maquinaria, vehículos, almacenes y servicios para los trabajadores. Liberación de contaminantes (retenidos en sedimentos) durante los trabajos de perforación.
	Vegetación terrestre	Pérdida de cobertura, hábitat e individuos.	Desmonte para áreas de aprovechamiento permanente colado de pilas. Desmonte para áreas de aprovechamiento temporal.
		Conservación de individuos	Rescate de especies y reubicación en áreas de conservación.

Nivel	Factor modificado	Impacto	Causas posibles de impacto
	Vegetación acuática	Pérdida de cobertura, hábitat e individuos.	Colado de pilas y enterramiento con sedimentos durante la fase de construcción y la alteración en la hidrodinámica lagunar.
	Fauna terrestre	Pérdida de individuos	Lesiones, desplazamiento, aislamiento.
		Conservación de individuos	Rescate de fauna previo al inicio de los trabajos y reubicación en áreas conservadas.
	Fauna lagunar (bentos)	Pérdida de individuos	Lesiones, pérdida de hábitat, denostación de sedimentos.
		Conservación de individuos	Rescate.
	Paisaje	Fragmentación, conectividad	Desmonte y creación de barreras artificiales.
		Calidad visual	Modificación de entornos naturales por el puente.
	Usos del territorio	Cambios de usos del suelo y zona lagunar.	Ocupación de espacios naturales con infraestructura.
	Bienestar social	Generación de empleos directos e indirectos.	Demanda de mano de obra.
		Incremento actividad económica	Demanda de insumos y servicios.
Incremento de productividad		Disminución tiempos de traslado.	
Procesos	Movilidad y conectividad	Disminución tiempos de traslado de residentes, visitantes y turistas	Operación del puente y entronques para mejorar y resolver la integración de la zona urbana con la zona hotelera.
	Dinámica lagunar	Modificación del patrón de corrientes	Barreras puntuales (pilas) al flujo de agua.
	Hidrología superficial y subterránea	Modificación del drenaje superficial y flujos preferenciales.	Rellenos temporales (terraplenes) y pilas.
	Corredores biológicos	Modificación temporal de fauna hacia áreas conservadas.	Rellenos temporales (terraplenes) y pilas.
	Actividades urbanas y recreativas	Alteración temporal de servicios urbanos y turísticos.	Proceso de construcción del proyecto.
	Integración territorial	Fortalecimiento a la movilidad de bienes y servicios	Operación del puente y entronques para la integración de la zona urbana con la zona hotelera.
	Salud y seguridad	Disminución en los tiempos de atención a emergencias (accidentes, incendios y seguridad) y contingencias ambientales.	Operación del puente y entronques para la integración de la zona turística con los servicios de salud y seguridad.
Ecosistemas	Manglar	Pérdida de superficie.	Desmonte zonas de aprovechamiento temporal y ocupación permanente de superficies por pilas.
		Restauración de áreas degradadas.	Implementación programa de rehabilitación y manejo.
		Disminución de productividad y servicios ambientales.	Efecto de sombra.
		Incremento de productividad y servicios ambientales.	Implementación programa de rehabilitación y manejo.
	Selvas y pastizales	Pérdida de superficie.	Desmonte zonas de aprovechamiento temporal y ocupación permanente de superficies por pilas.

Nivel	Factor modificado	Impacto	Causas posibles de impacto
		Restauración de áreas de aprovechamiento temporal.	Implementación programa de rehabilitación y manejo.
		Disminución de productividad.	Efecto de sombra.
	Pastos marinos	Pérdida de superficie y hábitat.	Ocupación permanente de superficies por pilas y por posible enterramiento con sedimentos.
		Restauración de áreas impactadas.	Implementación proyecto piloto de rehabilitación.
		Disminución de productividad.	Efecto de sombra.

5.2.2.1 Listas de chequeo

Una vez identificadas las actividades y obras que pueden generar impactos en la ZIA y SAR del proyecto (**Tabla 5. 5**), así como los componentes y factores ambientales susceptibles de ser afectados (**Tabla 5. 6**) por dichas acciones, se estructuraron Listas de Chequeo por fase de desarrollo del proyecto, con la finalidad de identificar y evaluar los impactos que serán producidos en cada una de ellas (Tabla 5. 7 a **Tabla 5. 9**). El atributo o criterio evaluado en las Listas de Chequeo, fue el relacionado con la **Naturaleza del Cambio**, en particular el relacionado con un cambio benéfico (positivo) o negativo (Espinoza, 2001, UNEP, 2002; WBCDS, 2016). A cada impacto se le clasificó como **negativo (N)** si sus efectos provocan un detrimento en los atributos de cada factor considerado o; **positivo (P)** si mejoran en beneficio de la estructura y función de los ecosistemas, recursos naturales o medio socioeconómico presentes en la ZIA y SAR.

Tabla 5. 7. Lista de chequeo para la etapa de preparación del Proyecto (P: impacto positivo y N: impacto negativo).

Fuente de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental y Componente Ambiental Impactado	Naturaleza	
Difusión, capacitación y aseguramiento	Reglamentos y buenas prácticas para prevención y manejo de impactos.	p	
	Programa de gobernanza para la sostenibilidad con actores involucrados.	p	
	Programa de difusión y capacitación.	p	
Trazo áreas de aprovechamiento permanente y temporal.	Eliminación de vegetación zona terrestre.		n
	Migración de fauna.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar	Rescate de especies vegetales zona terrestre.	p	
	Rescate de fauna en zona terrestre y lagunar.	p	
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
Acarreo de materiales	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
Delimitación áreas de aprovechamiento.	Colocación mallas y cintas para delimitación áreas de aprovechamiento y conservación.	p	
Implementación sistema señalización ambiental.	Colocación de señalética en zona terrestre para restricciones y medidas preventivas y de conservación.	p	
	Colocación sistema de señalización en zona lagunar para restricciones y medidas preventivas y de conservación.	p	
Estudios geofísica y geotécnicos	Calidad del agua. Resuspensión de sedimentos en zona lagunar.		n
Desmonte y despalle (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras).	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Pérdida temporal y permanente de vegetación.		n
	Pérdida de hábitats.		n
	Paisaje. Fragmentación de unidades naturales en zona terrestre.		n
	Remoción y pérdida temporal de suelos.		n
	Alteración micro climática.		n
	Migración temporal de fauna.		n
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
	Movimiento de materiales a/o desde bancos de tiro.		n
	Generación empleos directos.	p	
Construcción y operación del Patio de Maniobras	Demanda servicios y obras de apoyo a personal (servicios de alimentación, sanitarios, vehículos, maquinaria y equipo).	p	
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Generación empleos directos e indirectos.	p	
	Demanda servicios y obras de apoyo a personal (servicios de alimentación, sanitarios, vehículos, maquinaria, equipo, materiales para la construcción, otros).	p	
Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n	
Habilitación de vivero para programas de restauración áreas de aprovechamiento temporal y restauración de áreas de manglar perturbadas.	Habilitación vivero.	p	
	Generación de empleos.	p	
Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP.	Generación de empleos.	p	
	Habilitación de canales para rehabilitación hidráulica	p	
	Colecta y embolsado de propágulos de manglar.	p	

Fuente de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental y Componente Ambiental Impactado	Naturaleza	
	Reforestación de áreas degradadas.	p	
	Incremento de bienes y servicios ambientales.	p	
TOTAL ETAPA PREPARACIÓN DEL SITIO		22	18

Tabla 5. 8. Lista de chequeo para la etapa de construcción del Proyecto (P: impacto positivo y N: impacto negativo).

Fuente de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental y Componente Ambiental Impactado	Naturaleza	
Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP.	Generación de empleos.	p	
	Habilitación de canales para rehabilitación hidráulica	p	
	Colecta y embolsado de propágulos de manglar.	p	
	Reforestación de áreas perturbadas.	p	
	Incremento de bienes y servicios ambientales.	p	
Confinamiento áreas de trabajo.	Salud y seguridad de trabajadores, contratistas y proveedores.	p	
Control vial.	Seguridad población y turistas.	p	
Retiro de materiales y estructuras.	Reciclado de materiales.	p	
Habilitación de muelles provisionales	Calidad del agua. Resuspensión de sedimentos en zona lagunar.		n
Excavación en áreas de entronques y áreas de aprovechamiento temporal.	Remoción de sedimentos y suelo en la zona terrestre.		n
	Migración de fauna.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
Acarreo de materiales desde bancos de préstamo.	Movimiento de materiales a bancos de tiro.		n
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
Conformación de terraplenes (entronques).	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
	Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera.		n
	Resuspensión de sedimentos en zona lagunar.		n
Construcción de área de servicios (área de usos múltiples).	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
Restauración áreas de aprovechamiento temporal. Entronques.	Generación de empleos.	p	
	Renivelación de terreno.	p	
	Reforestación.	p	

Fuente de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental y Componente Ambiental Impactado	Naturaleza	
Forestación y creación de áreas verdes.	Forestación y ajardinado de áreas de trabajo.	p	
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
Elaboración de concreto, traveses, ademes en Patio de Maniobra para tramos 1 a 5.	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). Tramo 2.	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
	Alteración hidrodinámica superficial.		n
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
	Migración de fauna		n
Hincado Tubos de acero (ademe). Tramo 2.	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Calidad del suelo y acuífero. Contaminación por residuos líquidos y sólidos.		n
	Alteración de estratos y estructuras geológicas (cavernas, fallas, fracturas preferenciales, otras).		n
	Pérdida de vegetación y hábitats.		n
	Migración temporal de fauna.		n
	Alteración hidrodinámica superficial.		n
Perforación y extracción de materiales para pilas. Tramo 2.	Generación empleos directos e indirectos.	p	
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Calidad del suelo y acuífero. Contaminación por residuos líquidos y sólidos.		n
	Remoción y pérdida de sedimentos.		n
Colado de pilas del Tramo 2.	Migración temporal de fauna.		n
	Generación empleos directos e indirectos.	p	
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
Construcción de cabezales y montaje de traveses. Tramo 2.	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
	Migración de fauna		n
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
Construcción de losa rodamiento. Tramo 2.	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
	Migración de fauna		n
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica).	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n

Fuente de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental y Componente Ambiental Impactado	Naturaleza	
guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos. Tramo 2	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
	Migración de fauna		n
Restauración áreas de aprovechamiento temporal. Tramo 2.	Generación de empleos.	p	
	Renivelación de terreno.	p	
	Reforestación.	p	
Hincado de tubos de acero (ademes). Tramo 3.	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Calidad del suelo y acuífero. Contaminación por residuos líquidos y sólidos.		n
	Pérdida de vegetación y hábitats.		n
	Migración temporal de fauna.		n
	Alteración hidrodinámica superficial.		n
	Alteración de estratos y estructuras geológicas (cavernas, fallas, fracturas preferenciales, otras).		n
	Generación empleos directos e indirectos.	p	
Perforación y extracción de materiales para cada pilote del Tramo 3.	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Calidad del suelo y acuífero. Contaminación por residuos líquidos y sólidos.		n
	Remoción y pérdida de sedimentos.		n
	Migración temporal de fauna.		n
	Generación empleos directos e indirectos.	p	
Colado de pilas de Tramo 3.	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
	Migración de fauna		n
Construcción de cabezales y montaje de trabes. Tramo 3.	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
	Migración de fauna		n
Construcción de losa rodamiento. Tramo 3.	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
	Migración de fauna		n
Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos. Tramo 3	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
	Migración de fauna		n
Acceso de barcasas para construcción Tramo 4	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	

Fuente de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental y Componente Ambiental Impactado	Naturaleza	
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.		n
	Remoción y pérdida de sedimentos.		n
	Afectación pastos marinos. Sedimentación de material en suspensión.		n
Instalación de barrera o cortina antidispersión. Tramo 4	Calidad del agua. Resuspensión de sedimentos. Contención.	p	
Hincado Tubos de acero (ademe). Tramo 4.	Afectación pastos marinos. Sedimentación de material en suspensión.		n
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Calidad del agua. Resuspensión de sedimentos en zona lagunar.		n
	Calidad del agua. Contaminación por residuos líquidos y sólidos.		n
	Alteración de estratos y estructuras geológicas (cavernas, fallas, fracturas preferenciales, otras).		n
	Pérdida de vegetación y hábitats de pastos marinos.		n
	Fauna bentónica. Pérdida.		n
	Migración temporal de fauna.		n
	Alteración hidrodinámica lagunar. Resuspensión de sedimentos y alteración de fondos y vegetación sumergida.		n
	Perforación y extracción de materiales para pilas. Tramo 4.	Generación empleos directos e indirectos.	p
Servicios náuticos. Alteración temporal			n
Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos			n
Calidad del aire. Contaminación por ruido.			n
Calidad del agua. Resuspensión de sedimentos en zona lagunar.			n
Calidad del agua. Contaminación por residuos líquidos y sólidos.			n
Remoción y pérdida de sedimentos zona lagunar.			n
Migración temporal de fauna.			n
Colado de pilas del Tramo 4.	Generación empleos directos e indirectos.	p	
	Servicios náuticos. Alteración temporal		n
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Calidad del agua. Resuspensión de sedimentos en zona lagunar.		n
	Calidad del agua. Contaminación por residuos líquidos y sólidos.		n
	Migración temporal de fauna.		n
Construcción de cabezales y montaje de trabes. Tramo 4.	Generación empleos directos e indirectos.	p	
	Servicios náuticos. Alteración temporal		n
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Calidad del agua. Contaminación por residuos líquidos y sólidos.		n
Construcción de losa rodamiento. Tramo 4.	Migración temporal de fauna.		n
	Generación empleos directos e indirectos.	p	
	Servicios náuticos. Alteración temporal		n
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n

Fuente de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental y Componente Ambiental Impactado	Naturaleza	
Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos. Tramo 2	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Calidad del agua. Contaminación por residuos líquidos y sólidos.		n
	Migración temporal de fauna.		n
	Generación empleos directos e indirectos.	p	
	Servicios náuticos. Alteración temporal		n
	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos		n
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.		n
	Calidad del agua. Contaminación por residuos líquidos y sólidos.		n
	Migración temporal de fauna.		n
TOTAL ETAPA DE CONSTRUCCIÓN		42	128

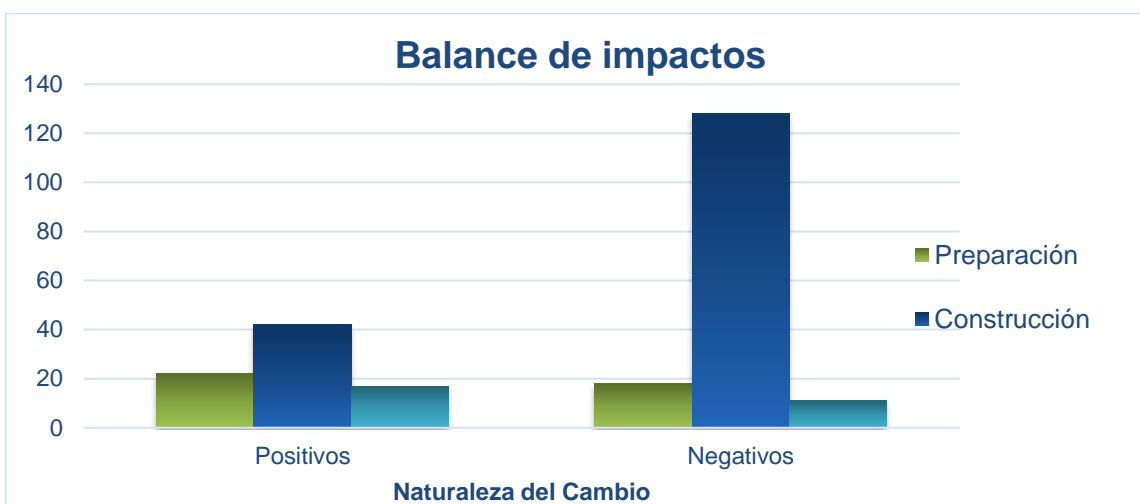
Tabla 5. 9. Lista de chequeo para la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto. (P: impacto positivo; N: impacto negativo).

Fuente de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental y Componente Ambiental Impactado	Naturaleza	
Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP.	Generación de empleos.	p	
	Reforestación de áreas perturbadas.	p	
	Contribución a la conservación, restauración y mejoramiento de ecosistemas y especies ambientalmente sensibles.	p	
	Incremento de bienes y servicios ambientales. Aseguramiento del Capital Natural.	p	
Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales.	Incremento de áreas de conservación.	P	
	Aseguramiento de capital natural, así como de los bienes y servicios ambientales.	P	
Iluminación.	Alteración de hábitos en fauna terrestre y lagunar.		n
Pilas de la superestructura.	Alteración de hidrología superficial en zona terrestre.		n
	Alteración en patrón sedimentario por alteración de hidrodinámica lagunar.		n
	Deposición de sedimentos y afectación de pastos marinos.		n
Puente sección terrestre.	Decremento en la productividad natural por efecto de sombra sobre la vegetación.		n
Puente sección lagunar.	Decremento en la productividad natural por efecto de sombra sobre la vegetación.		n
Circulación de vehículos.	Calidad del agua. Contaminación zona lagunar por aceites y combustibles.		n
	Vegetación terrestre y suelos. Contaminación por aceites y combustibles.		n
Superestructura.	Paisaje. Fragmentación y modificación de ambientes naturales.		n
Conectividad e integración territorial de la zona urbana y hotelera.	Fortalecimiento e incremento en la movilidad de bienes y servicios.	p	
	Incremento de actividades económicas y generación de riqueza.	p	
	Generación de empleos directos e indirectos.	p	
Salud y seguridad.	Disminución en los tiempos de atención a emergencias (accidentes, incendios y seguridad).	p	
	Movilidad oportuna para población y turistas en casos de contingencias ambientales.	p	
	Bienestar social. Disminución en los tiempos de traslado para los trabajadores y prestadores de servicios del sector turístico.	p	

Fuente de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental y Componente Ambiental Impactado	Naturaleza	
Movilidad zona urbana y turística.	Calidad del aire. Disminución de la generación de GEI y contribución a las estrategias de mitigación del cambio climático.	p	
	Calidad del aire. Disminución de la generación de GEI y contribución al mejoramiento en la salud pública.	p	
	Productividad. Decremento del tráfico y tiempos de traslado de trabajadores y proveedores de servicios del sector.	p	
	Calidad de vida. Decremento del tráfico y tiempos de traslado de trabajadores y proveedores de servicios del sector.	p	
Mantenimiento de la superestructura.	Mejoramiento del destino. Conectividad con la zona urbana.	p	
	Contaminación de sistema lagunar, suelos y vegetación por mantenimiento de pavimentos y estructura.		N
	Afectación áreas de vegetación por estabilización de taludes.		N
TOTAL ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		17	11

En la Figura 5. 9 se muestra el balance y análisis comparativo de los impactos ambientales que han sido evaluados en cuanto a la **Naturaleza del Cambio** (Positivos o Negativos) en cada una de las etapas de implementación del proyecto (Tabla 5.8- Tabla 5.10) con base en el análisis mediante Listas de Chequeo. A través de este análisis, es posible identificar que la mayor cantidad de impactos negativos (-128) generados por el proyecto, se dan en la fase de construcción, luego en la de preparación (-18) y finalmente en la de operación-mantenimiento (-11). También se puede referir que la mayor cantidad de impactos positivos se dan en la fase de construcción. Debe destacarse que esta etapa de construcción es temporal, con una duración total de 22 meses.

Figura 5. 9. Balance de impactos ambientales por su Naturaleza del Cambio durante las fases de preparación, construcción, operación-mantenimiento.



5.2.2.2 Matrices de interacción

Como se refiere en la Tabla 5. 2, las matrices de interacción, son métodos cualitativos que permiten evaluar las relaciones directas causa-efecto y el grado de interacción que puede existir entre las acciones de un proyecto y los componentes ambientales involucrados en el mismo. Las matrices de interacción son herramientas valiosas para la EIA, ya que permiten no sólo identificar y evaluar los impactos producidos por un proyecto, sino valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto y determinar las necesidades de la información para la evaluación y la organización de la misma.

Tomando como base las listas de chequeo (Tabla 5. 7 a Tabla 5. 9), así como el juicio de los expertos participantes, e información cuantitativa generada con el SIG (Anexo Cartográfico)

y los estudios de LBA (Anexo 4.2 a 4.6 de esta MIA) realizados para la elaboración de la presente EIA, se implementó una matriz de interacción entre las actividades previstas por el proyecto (Capítulo 2 y **Tabla 5. 5**) y los factores del medio (**Tabla 5. 6**) que potencialmente pudieran verse afectados por el desarrollo del proyecto. Esta matriz se denominó **Matriz de Identificación de Impactos** (Tabla 5. 10). En ella se identifican y evalúan por la Naturaleza del Cambio, los impactos positivos y negativos que puede generar el proyecto valorando:

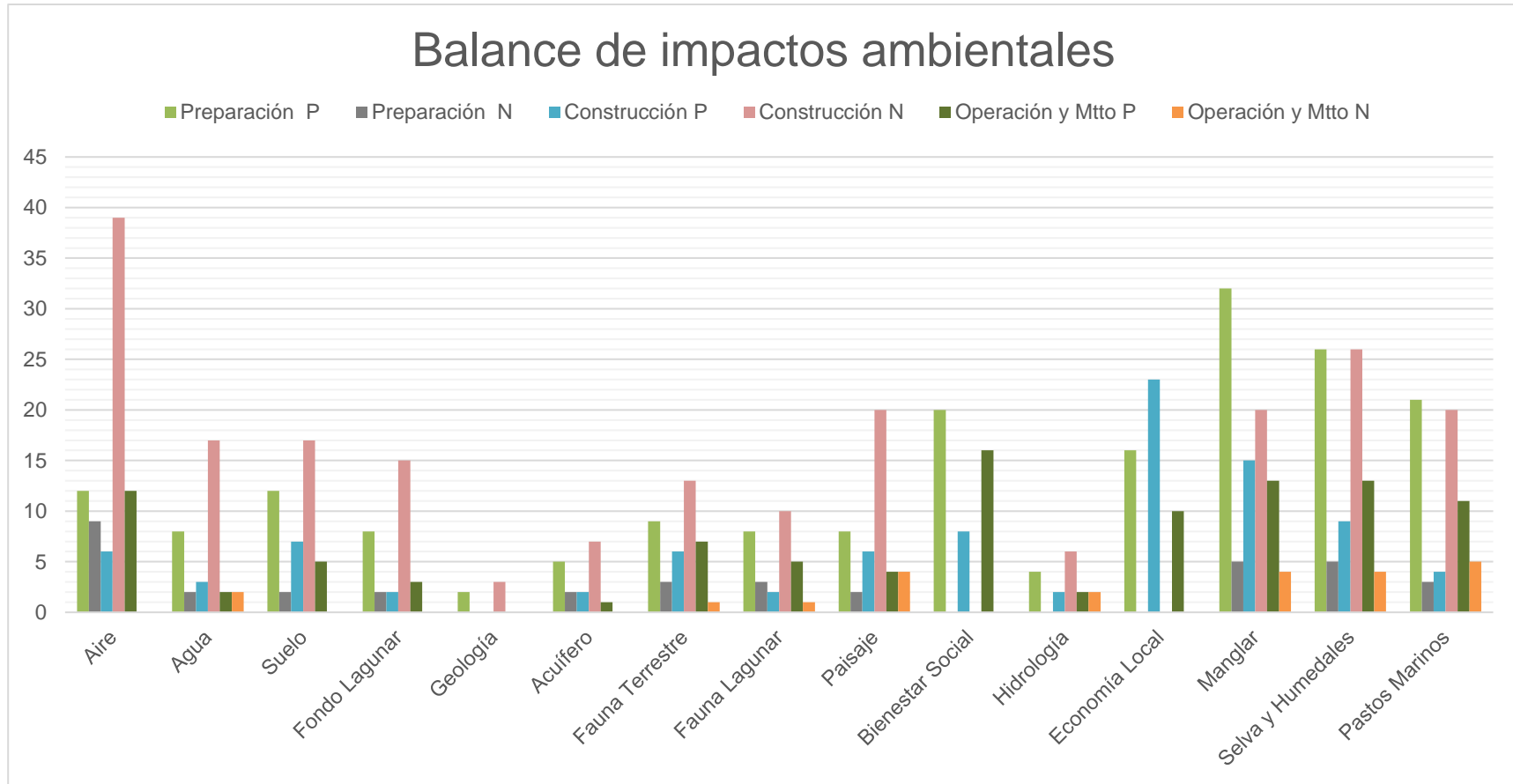
- a) Componente ambiental más afectado por el proyecto,
- b) Etapa con más efectos ambientales positivos o negativos y
- c) Actividades que generan la mayor recurrencia de cada impacto ambiental identificado.

Esta clasificación permite identificar y evaluar cualitativamente los principales impactos ambientales, los cuales una vez definidos permiten el planteamiento de: a) las medidas de mitigación, compensación y prevención presentadas en el Capítulo 6 de esta Manifestación a través del **SGAS** y b) las medidas precautorias para la no afectación de elementos, procesos o ecosistemas sensibles.

De cualquier forma, es importante resaltar que con la finalidad de no omitir en su análisis todos los impactos ambientales que podrá producir el proyecto, en el presente capítulo, se presenta una breve descripción y análisis de cada uno de ellos.

A través de esta matriz de interacción, es posible identificar que el proyecto generará potencialmente, 664 interacciones “causa-efecto”. En la gráfica siguiente (Figura 5. 9) y Tabla 5. 10 se puede observar que: a) la mayor cantidad de impactos positivos y negativos, se generan en los componentes manglar (89), selvas y humedales (83), aire (78) y pastos marinos (64) y; b) que la fase de construcción es en la que se presenta la mayor cantidad de interacciones o impactos (308), seguida de la fase de preparación (229) y operación (127). Esta matriz se puede revisar en el Anexo Digital e impreso que acompaña a esta MIA, para mejor claridad (Anexo 5.1).

Figura 5. 10. Balance de impactos ambientales generados en cada componente ambiental, durante las fases de preparación, construcción, operación-mantenimiento. Nota: P = impacto positivo, N = impacto negativo.



Fuente: Elaboración propia con datos de la Matriz de identificación de impactos. GPPA.

Tabla 5. 10. Matriz de Identificación de Impactos Ambientales.

	AIRE	AGUA	SUELO	FONDO LAGUNAR	GEOLÓGICA	ACUFERO	FAUNA TERRESTRE	FAUNA LAGUNAR	PAISAJE	BIENESTAR SOCIAL	HIDROLOGÍA	ECONOMÍA LOCAL	MANGLAR	SELVA Y HUMEDALES	PASTOS MARINOS (vegetación acuática)	IMPACTOS
PREPARACIÓN DEL TERRENO	Contaminación por gases y polvo	Contaminación por ruido	Contaminación por líquidos y sólidos	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido	Contaminación por ruido
CONSTRUCCIÓN	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido	Exposición a ruido
IMPACTOS POSITIVOS	10	10	10	7	4	2	10	3	0	2	5	6	3	2	6	2
IMPACTOS NEGATIVOS	18	18	13	6	2	5	12	11	1	6	6	5	3	3	7	2
IMPACTOS TOTALES	28	28	23	13	6	7	22	12	1	12	11	8	6	10	9	14
CONTRIBUCIÓN DE IMPACTOS POR COMPONENTE	5	4	3	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FACTOR	AIRE	AGUA	SUELO	FONDO LAGUNAR	GEOLÓGICA	ACUFERO	FAUNA TERRESTRE	FAUNA LAGUNAR	PAISAJE	BIENESTAR SOCIAL	HIDROLOGÍA	ECONOMÍA LOCAL	MANGLAR	SELVA Y HUMEDALES	PASTOS MARINOS	TOTAL
Valor bruto	10	10	7	4	2	10	3	0	2	5	6	3	2	6	2	116
Porcentaje	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	11.9%
Nº de interacciones	7	7	5	3	2	7	2	4	1	6	5	3	3	4	3	113
Nº de interacciones efectivas	3	3	2	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1	1	1	100%
Nº de interacciones posibles	3	3	2	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1	1	1	100%

Fuente: Elaboración propia, GPPA.

5.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Para evaluar en forma cualitativa y cuantitativa los impactos ambientales que pueden ser generados por un proyecto, se utilizan convencionalmente una serie de atributos o parámetros que permiten su identificación, predicción y evaluación (Gómez Orea, 2002, Espinoza, 2001, UNEP, 2002 y WBCSD, 2016):

- Naturaleza del cambio (positivos, negativos, directos, indirectos, acumulativos);
- Magnitud (severo, moderado, bajo);
- Sinergia (sinérgico, no sinérgico);
- Temporalidad (corto, mediano y largo plazo);
- Reversibilidad (corto, mediano y largo plazo);
- Riesgo de Ocurrencia (muy probable, probable y poco probable);
- Duración (temporal, permanente);
- Recuperabilidad (recuperable, irrecuperable);
- Frecuencia (poco, mediano muy frecuente);
- Nivel (elementos, procesos, ecosistemas);
- Extensión (regional, local o puntual);

Para predecir y evaluar los impactos de un proyecto, es importante considerar entre otros, la evaluación de dos tipos de atributos: su magnitud e incidencia.

La magnitud se define como la cantidad y calidad del factor modificado en términos relativos al marco de referencia adoptado³ (Gómez-Orea 2002, Espinoza, 2001) y se calculó para la presente MIA-R a partir de las superficies por tipo de vegetación, ambientes o ecosistemas que serán afectados de forma directa por el proyecto (superficie de aprovechamiento por

³ Marco de referencia: espacio geográfico en relación con el cual se estima el valor de un impacto, que para el caso de este MIA-R, se refiere a: a) una alteración muy localizada, b) una alteración importante en torno a la ZIA y c) una alteración importante en torno al SAR.

tipo de ambiente o vegetación) y del estado de conservación de cada factor que será afectado de acuerdo a lo manifestado en los estudios científicos particulares realizados para la ZIA y el SAR delimitado (Anexos del Capítulo 4).

La incidencia se refiere a la severidad, grado y forma de la alteración, definidos por su intensidad y por la siguiente serie de atributos de tipo cualitativo: naturaleza, consecuencia, acumulación, sinergia, temporalidad, reversibilidad, riesgo de ocurrencia, duración, recuperabilidad y extensión (Gómez-Orea 2002; Espinoza, 2001; UNEP, 2002). Para calcular la incidencia se le asignó a cada uno de dichos atributos un valor entre 1 y 3 según las definiciones que se muestran en la Tabla 5. 11.

Tabla 5. 11. Descripción de la escala de atributos para calcular la incidencia de los impactos (modificado de Gómez-Orea, 2002, Espinoza, 2001; IAIA, 2017; IAIA, 2018; IFC, 2015 y UNEP, 2002).

Atributos	Valor / Escala		
Naturaleza (N)	Negativo (-1). Pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica.	Neutro (0). Efecto no aplicable.	Positivo (+1). Efecto de mejoramiento en beneficio de la estructura y función de los ecosistemas, recursos naturales o medio socioeconómico.
Consecuencia (C)	Directo (3): El impacto ocurre de manera directa. Efectos que causa la acción y que ocurren generalmente en el mismo tiempo y lugar de ella. Generalmente son obvios y cuantificables.		Indirecto (1): El impacto ocurre de manera indirecta. Cubren los efectos potenciales de los cambios adicionales que pudieran ocurrir más adelante o en lugares diferentes como resultado de la acción. Impactos secundarios, que resultan de actividades que ocurren en respuesta a oportunidades socio-económicas asociadas con un nuevo proyecto y que no han sido previstas por este. Son cambios que ocurren más adelante o en lugares diferentes.
Acumulación (A)	Acumulativo (3): Cuando el impacto en el ambiente resulta de la suma de los efectos de acciones o proyectos ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente. Son aquellos resultantes del impacto sucesivo, incrementado y combinado de la acción propuesta sobre algún recurso común, cuando se añade a acciones pasadas, presentes y razonablemente esperadas en el futuro. Estos derivan de la interacción de las actividades humanas y de procesos ambientales y sociales externos.		Simple (1): Cuando el efecto en el ambiente no resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente. Impacto que se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevas alteraciones, ni en la de su acumulación ni en la de su sinergia.
Sinergia (S)	Sinérgico (3): Cuando el impacto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones, supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.		No Sinérgico (1): Cuando el impacto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones no supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
Plazo Temporalidad (T)	Largo (3): La duración del impacto dura más de 1 año.	Mediano (2): La duración del impacto dura más de 1 mes y menos de 1 año.	Corto (1): La duración del impacto dura menos de 1 mes.
Reversibilidad del impacto (Rv)	Irreversible (3): Impacto que supone la imposibilidad o dificultad extrema, de retornar por medios naturales a la situación anterior, o a la acción que la produce.	Reversible Intermedio (2): Aquel en el que el impacto o interacción, puede ser asimilada (resiliencia) por el entorno a largo plazo, de manera natural por el sistema.	Reversible (1): Aquel en el que la interacción, puede ser asimilada por el entorno, en un plazo corto o mediano de tiempo, de manera natural por el sistema.

Atributos	Valor / Escala		
Riesgo de Ocurrencia (O)	Muy Probable (3): Riesgo o probabilidad muy alta de que el impacto sea generado.	Probables (2): Riesgo o probabilidad media de que el impacto sea generado.	Poco Probable (1): Riesgo o probabilidad baja de que el impacto sea generado.
Duración (D)	Permanente (3): Cuando el impacto se presenta o mantiene en toda la vida útil del proyecto.		Temporal (1): Cuando el efecto se produce durante un periodo definido de tiempo. El impacto no es permanente en el tiempo.
Recuperabilidad (Rc)	Irrecuperable (3): Cuando la alteración del medio o pérdida que supone, es imposible de reparar a través de medidas de mitigación.		Recuperable (1): El impacto o la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a corto, medio o largo plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales y la aplicación de medidas de mitigación.
Extensión (E)	Regional (3): La alteración o impacto, tiene repercusiones a nivel regional o del SAR.	Local (2): La alteración o impacto, tiene repercusiones que no van más allá de la ZIA.	Puntual (1): La alteración o impacto, tiene repercusiones a nivel puntual y menores en términos de superficie a la ZIA.

Con base en el juicio de expertos, las Listas de Chequeo (Tabla 5. 7 a Tabla 5. 9) y la **Matriz de Identificación de Impactos Ambientales** (Tabla 5. 10) se generó una **Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales** (Tabla 5. 12), para evaluar o calificar cada impacto identificado (según los criterios establecidos en la Tabla 5. 11), de acuerdo con el factor ambiental y sus propiedades afectadas.

Con los resultados de dicho análisis es posible calcular el **Índice de Incidencia** para cada impacto identificado, mediante una modificación de la aplicación del modelo propuesto por Gómez-Orea (2002)⁴ y cuyo procedimiento se describe a continuación:

1. Se atribuye un código numérico a cada carácter del atributo, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable (Tabla 5. 11).
2. El índice de incidencia de cada impacto se evaluó a partir del siguiente algoritmo simple, que consiste en la sumatoria de los valores asignados a los atributos de cada impacto y sus rangos de valor o escala (Expresión V.1):

⁴ Domingo Gómez Orea (2002), página 330

$$I = N(+/-) * (C+A+S+T+Rv+O+D+ Rc^5+E) \quad \text{Expresión V.1}$$

3. Se estandariza cada valor de cada impacto entre 0 y 1 mediante la expresión V.2.

$$\text{Incidencia} = I - I_{\min} / I_{\max} - I_{\min} \quad \text{Expresión V.2}$$

Siendo:

I = el valor de incidencia obtenido por un impacto.

I_{max}= el valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestaran con el mayor valor, que para el caso de esta evaluación será 27, por ser 10 atributos de los cuales 9 tienen un valor máximo cada uno de 3 y un atributo determina el signo (positivo o negativo) del impacto.

I_{min} = el valor de la expresión en caso de que los atributos se manifiesten con el menor valor, que para el caso de esta evaluación será 9, por ser 10 atributos con un valor mínimo cada uno de 1, salvo un atributo sin valor numérico ya que corresponde a la naturaleza del impacto (positivo o negativo).

La **Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales** (Tabla 5. 12), permite evaluar en forma cualitativa, los impactos ambientales generados en términos de su importancia, y de este modo conocer los componentes ambientales más afectados por el proyecto e identificar y evaluar los impactos acumulativos y residuales, asociados directamente con los atributos de acumulación y recuperabilidad. En dicha matriz se eliminan los impactos potenciales que no presentan interacciones efectivas.

⁵ Modificado de Gómez-Orea, Domingo. Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi Prensa 2002. Pag. 330

Tabla 5. 12. Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales.

Factor	Atributos de Impacto ambiental	Naturaleza (N)	Consecuencia (C)	Acumulación (A)	Sinergia (S)	Temporalidad (T)	Reversibilidad (Rv)	Riesgo de Ocurrencia (O)	Duración (D)	Recuperabilidad (Rc)	Extensión (E)	Significancia
AIRE	Contaminación por polvos.	-1	3	3	1	2	1	3	1	1	1	NS
	Contaminación por GEI	-1	3	3	1	2	1	3	1	1	1	NS
	Contaminación por ruido.	-1	3	3	1	2	1	3	1	1	1	NS
AGUA	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	-1	3	3	1	2	2	2	1	1	1	NS
	Resuspensión de sedimentos.	-1	3	3	1	2	2	2	1	1	1	NS
	Liberación de contaminantes retenidos en sedimentos.	-1	3	3	1	2	2	2	1	1	1	NS
SUELO	Pérdida de suelo.	-1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	S
	Compactación	-1	3	1	1	2	2	3	1	1	1	D
	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	-1	3	3	1	2	2	2	1	1	1	NS
	Contaminación por material de perforaciones a bancos de tiro	-1	3	3	3	3	2	3	1	1	1	NS
FONDO LAGUNAR	Resuspensión y acarreo de sedimentos.	-1	3	3	3	3	2	2	1	1	2	NS
	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	-1	3	3	1	2	2	2	1	1	1	NS
	Liberación de contaminantes retenidos en sedimentos.	-1	1	3	3	2	2	3	1	1	2	NS

Factor	Atributos de Impacto ambiental	Naturaleza (N)	Consecuencia (C)	Acumulación (A)	Sinergia (S)	Temporalidad (T)	Reversibilidad (Rv)	Riesgo de Ocurrencia (O)	Duración (D)	Recuperabilidad (Rc)	Extensión (E)	Significancia
GEOLOGÍA	Alteración física de estratos y estructuras geológicas	-1	3	1	1	3	3	3	3	3	1	NS
ACUÍFERO	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	-1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	NS
	Contaminación por lixiviados bancos de tiro	-1	3	3	3	3	2	2	1	1	1	NS
FAUNA TERRESTRE	Pérdida de individuos	-1	3	3	1	1	1	2	1	1	2	D
	Migración	-1	3	3	1	1	1	2	1	1	2	D
FAUNA LAGUNAR	Pérdida de individuos	-1	3	1	1	1	1	2	1	1	2	D
	Migración	-1	3	1	1	1	1	2	1	1	2	D
PAISAJE	Fragmentación	-1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	S
	Modificación de ambientes naturales	-1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	S
BIENESTAR SOCIAL	Seguridad del personal y contratistas.	1	3	1	3	3	2	3	3		3	NS
	Atención emergencias (accidentes, incendios y seguridad).	1	3	3	3	3	2	3	3		3	S
	Atención contingencias ambientales.	1	3	3	3	3	2	3	3		3	S
	Calidad de vida y salud	1	3	3	3	3	2	3	3		3	S
	Creación y mejora de servicios.	1	3	3	3	3	2	3	3		3	S
	Disminución en tiempos de traslado.	1	3	1	3	3	2	3	3		3	NS
HIDROLOGÍA	Alteración de hidrología superficial zona terrestre	-1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	S
	Alteración corrientes zona lagunar	-1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	S

Factor	Atributos de Impacto ambiental	Naturaleza (N)	Consecuencia (C)	Acumulación (A)	Sinergia (S)	Temporalidad (T)	Reversibilidad (Rv)	Riesgo de Ocurrencia (O)	Duración (D)	Recuperabilidad (Rc)	Extensión (E)	Significancia
ECONOMÍA LOCAL	Creación de empleos directos e indirectos.	1	3	3	3	3	2	3	3		3	S
	Incremento flujo de bienes y servicios.	1	3	3	3	3	2	3	3		3	S
	Fortalecimiento del destino turístico.	1	3	3	3	3	2	3	3		3	S
MANGLAR	Pérdida temporal de superficie.	-1	3	3	3	2	2	3	1	1	1	NS
	Pérdida de individuos en NOM 059.	-1	3	3	3	2	2	3	1	1	1	NS
	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	-1	3	3	3	1	2	2	1	1	1	NS
	Incremento de áreas de conservación.	1	3	1	1	3	2	3	3		3	NS
	Fragmentación.	-1	3	3	3	3	2	3	3	1	1	S
	Pérdida de bienes y servicios por proyecto	-1	1	3	3	2	2	2	1	1	1	NS
	Incremento de bienes y servicios por Programa de Rehabilitación	1	3	3	3	3	2	3	3		3	S
	Disminución productividad por efecto de sombra	-1	3	1	1	3	2	2	3	1	1	NS
SELVA Y HUMEDALES	Pérdida de superficie.	-1	3	3	3	2	2	3	1	1	1	NS
	Pérdida de individuos en NOM 059.	-1	3	3	3	2	2	3	1	1	1	NS
	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	-1	3	3	3	1	2	2	1	1	1	NS
	Incremento de áreas de conservación.	1	3	1	1	3	2	3	3	1	3	NS

Factor	Atributos de Impacto ambiental	Naturaleza (N)	Consecuencia (C)	Acumulación (A)	Sinergia (S)	Temporalidad (T)	Reversibilidad (Rv)	Riesgo de Ocurrencia (O)	Duración (D)	Recuperabilidad (Rc)	Extensión (E)	Significancia
	Fragmentación.	-1	3	3	3	3	2	3	3	1	1	S
	Pérdida de bienes y servicios por proyecto	-1	1	3	3	2	2	2	1	1	1	NS
	Incremento de bienes y servicios por Programa de Rehabilitación	1	3	3	3	3	2	3	3		3	S
	Disminución de productividad por efecto de sombra	-1	3	1	1	3	2	2	1	1	1	D
PASTOS MARINOS	Pérdida temporal de superficie.	-1	3	3	3	2	2	3	1	1	1	NS
	Pérdida de individuos en NOM 059.	-1	3	3	3	2	2	3	1	1	1	NS
	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	-1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	NS
	Resuspensión y acarreo de sedimentos.	-1	1	3	3	3	2	3	3	1	2	NS
	Fragmentación.	-1	3	3	3	2	2	1	1	1	1	NS
	Pérdida de bienes y servicios.	-1	1	3	3	3	2	2	1	1	1	D

5.3.1. Jerarquización de impactos

La **Matriz de Jerarquización de Impactos Ambientales** (Tabla 5. 14) es solamente una variante de la **Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales**, creada con el objetivo de ordenar los impactos de menor a mayor para una mejor visualización de la jerarquía de los mismos.

Debido a que al estandarizar los valores obtenidos para el Índice de Incidencia el máximo valor posible es 1, los impactos se agruparon en 3 rangos de 0.33 que se muestran en la Tabla 5. 13. La descripción de cada rango y su interpretación se ajustan a las especificidades de la ZIA y SAR del proyecto, en cuanto a la integridad de sus componentes, a los criterios de evaluación de significancia considerados, así como a la definición de impacto ambiental relevante citada en el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

Tabla 5. 13. Rango de significancia de los impactos ambientales evaluados de acuerdo con su Índice de Incidencia.

Rango	Interpretación	Índice de Incidencia
Significancia Elevada	El grado de cambio (o impacto) positivo o negativo, que el proyecto puede generar sobre el medio ambiente y / o la (s) comunidad (s) es muy alto. Cuando sea negativo debe asegurarse la disminución de su significancia al rango medio o bajo a través de medidas de mitigación para que el proyecto pueda ser considerado con viabilidad ambiental y legal.	0.68 o mayor
Significancia Media	El grado de cambio (o impacto) positivo o negativo, que el proyecto puede generar sobre el medio ambiente y / o la (s) comunidad (s) es medio. Cuando sea negativo debe asegurarse la disminución de su significancia al rango bajo a través de medidas de mitigación para que el proyecto pueda ser considerado con viabilidad ambiental y legal.	0.34 a 0.67
Significancia Baja	El grado de cambio (o impacto) positivo o negativo, que el proyecto puede generar sobre el medio ambiente y / o la (s) comunidad (s) es bajo. Cuando sea negativo debe asegurarse la disminución de su significancia a través de medidas de mitigación para que el proyecto pueda ser considerado con viabilidad ambiental y legal.	0.33 o menor

Tabla 5. 14. Matriz de Jerarquización de Impactos Ambientales. S, significativo; NS, no significativo; D, despreciable. Incidencia: “n” = negativa, “p” = positiva.

Factor	Atributos de Impacto ambiental	Incidencia	Índice de Incidencia	Significancia
FAUNA LAGUNAR	Pérdida de individuos	n	0.22	D
FAUNA LAGUNAR	Migración	n	0.22	D
SUELO	Compactación	n	0.33	D
FAUNA TERRESTRE	Pérdida de individuos	n	0.33	D
FAUNA TERRESTRE	Migración	n	0.33	D
SELVA Y HUMEDALES	Disminución productividad por efecto de sombra	n	0.33	D
PASTOS MARINOS	Pérdida de bienes y servicios.	n	0.33	D
AIRE	Contaminación por polvos.	n	0.39	NS
AIRE	Contaminación por GEI	n	0.39	NS
AIRE	Contaminación por ruido.	n	0.39	NS
AGUA	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	n	0.39	NS
AGUA	Resuspensión de sedimentos.	n	0.39	NS
AGUA	Liberación de contaminantes retenidos en sedimentos.	n	0.39	NS
SUELO	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	n	0.39	NS
FONDO LAGUNAR	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	n	0.39	NS
MANGLAR	Pérdida de bienes y servicios por proyecto	n	0.39	NS
SELVA Y HUMEDALES	Pérdida de bienes y servicios por proyecto	n	0.39	NS
MANGLAR	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	n	0.44	NS
MANGLAR	Disminución productividad por efecto de sombra	n	0.44	NS
SELVA Y HUMEDALES	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	n	0.44	NS
PASTOS MARINOS	Fragmentación.	n	0.44	NS
FONDO LAGUNAR	Liberación de contaminantes retenidos en sedimentos.	n	0.50	NS
ACUÍFERO	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	n	0.50	NS
PASTOS MARINOS	Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.	n	0.50	NS
ACUÍFERO	Contaminación por lixiviados bancos de tiro	n	0.56	NS

Factor	Atributos de Impacto ambiental	Incidencia	Índice de Incidencia	Significancia
MANGLAR	Pérdida temporal de superficie.	n	0.56	NS
MANGLAR	Pérdida de individuos en NOM 059.	n	0.56	NS
SELVA Y HUMEDALES	Pérdida de superficie.	n	0.56	NS
SELVA Y HUMEDALES	Pérdida de individuos en NOM 059.	n	0.56	NS
PASTOS MARINOS	Pérdida temporal de superficie.	n	0.56	NS
PASTOS MARINOS	Pérdida de individuos en NOM 059.	n	0.56	NS
SUELO	Contaminación por material de perforaciones a bancos de tiro	n	0.61	NS
FONDO LAGUNAR	Resuspensión y acarreo de sedimentos.	n	0.61	NS
GEOLOGÍA	Alteración física de estratos y estructuras geológicas	n	0.67	NS
PASTOS MARINOS	Resuspensión y acarreo de sedimentos.	n	0.67	NS
MANGLAR	Fragmentación.	n	0.72	S
SELVA Y HUMEDALES	Fragmentación.	n	0.72	S
SUELO	Pérdida de suelo.	n	0.89	S
HIDROLOGÍA	Alteración de hidrología superficial zona terrestre	n	0.94	S
HIDROLOGÍA	Alteración corrientes zona lagunar	n	0.94	S
PAISAJE	Fragmentación	n	1.00	S
PAISAJE	Modificación de ambientes naturales	n	1.00	S
MANGLAR	Incremento de áreas de conservación.	p	0.56	NS
SELVA Y HUMEDALES	Incremento de áreas de conservación.	p	0.61	NS
BIENESTAR SOCIAL	Seguridad del personal y contratistas.	p	0.67	NS
BIENESTAR SOCIAL	Disminución en tiempos de traslado.	p	0.67	NS
BIENESTAR SOCIAL	Atención emergencias (accidentes, incendios y seguridad).	p	0.78	S
BIENESTAR SOCIAL	Atención a contingencias ambientales.	p	0.78	S
BIENESTAR SOCIAL	Calidad de vida y salud	p	0.78	S
BIENESTAR SOCIAL	Creación y mejora de servicios.	p	0.78	S
ECONOMÍA LOCAL	Creación de empleos directos e indirectos.	p	0.78	S

Factor	Atributos de Impacto ambiental	Incidencia	Índice de Incidencia	Significancia
ECONOMÍA LOCAL	Incremento flujo de bienes y servicios.	p	0.78	S
ECONOMÍA LOCAL	Fortalecimiento del destino turístico.	p	0.78	S
MANGLAR	Incremento de bienes y servicios por Programa de Rehabilitación	p	0.78	S
SELVA Y HUMEDALES	Incremento de bienes y servicios por Programa de Rehabilitación	p	0.78	S

En la presente MIA-R se pondrá especial énfasis en el análisis de los impactos ambientales que resultan de mayor significancia, aunque también, aquellos que se identifiquen con significancia media o baja son considerados para su descripción y elaboración de propuestas para sus correspondientes medidas de prevención, mitigación o compensación que se describen en el Capítulo 6 considerando el compromiso que tiene la promovente para el desarrollo sostenible del Proyecto. Lo anterior se fundamenta en el hecho de que no todos los impactos identificados deben analizarse con la misma intensidad, sino que conviene centrarse en los impactos clave (Gómez-Orea 2002, Espinoza, 2001y UNEP, 2002).⁶

5.3.2. Determinación de la significancia

La determinación de la significancia o relevancia de un impacto es la tarea que muestra de forma más convincente, el carácter multidisciplinario de la evaluación de impacto ambiental. Para poder estimar y medir la alteración de los diferentes componentes ambientales que genera un proyecto, es importante tener un conocimiento profundo y especializado de los mismos, así como de la legislación que los regula y de los criterios de evaluación utilizados por la comunidad científica. Para cubrir esta necesidad, es que la promovente conformo un equipo multidisciplinario que: a) permitirá generar una LBA para la ZIA y el SAR, b) evaluar su estado o condición actual (grado de deterioro o conservación), c) identificar y evaluar los impactos ambientales que el proyecto podrá generar, particularmente los de mayor significancia ambiental y d) proponer las medidas de mitigación y de manejo que aseguren

⁶ Gómez-Orea, Domingo. Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi Prensa 2002. Pag. 324

la sostenibilidad del proyecto planteado. A continuación, se relaciona los criterios que se utilizan en la presente MIA-R para la evaluación de la significancia de los impactos que serán generados por el proyecto:

Criterios Técnicos Científicos

Desde el punto de vista técnico-científico, los criterios que pueden utilizarse para evaluar la significancia de un impacto ambiental pueden ser: *“las características físicas o atributos (p. ej. Cómo son la magnitud, extensión del área, duración, frecuencia, probabilidad y reversibilidad, entre otros), la aplicación de normas o estándares regulatorios, criterios de cambios permisibles y las características de valor específicas del contexto (por ejemplo, ecológico, valores sociales, culturales, de salud pública y económicos) que se adhieren a los valores ambientales afectados. (B, J, J.L. Barnes and C. Bingham, 2016; Espinoza, 2001; UNEP, 2002)”*.

En este sentido a través de las Matrices de Identificación de Impactos Ambientales (Tabla 5. 10) y de Evaluación de Impactos Ambientales (Tabla 5. 12), se identifica y evalúa la significancia de los impactos que potencialmente generará el proyecto en la ZIA y el SAR.

Criterios Legales

Como se ha referido, otra forma de evaluar la significancia de un impacto ambiental, es la aplicación de normas, estándares regulatorios o criterios de cambios permisibles. En este sentido, en nuestro país el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, en su fracción IX del Artículo 3 establece y define a un impacto ambiental como significativo de la siguiente forma:

“IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales”;

Esta definición y su consecuente razonamiento, indican que no todos los impactos deben atenderse de la misma manera, sino que es necesario centrar la atención en los impactos clave, es decir, aquellos que potencialmente pueden generar desequilibrios ecológicos o ecosistémicos o que puedan sobrepasar límites establecidos en normas jurídicas

específicas, sin menosprecio de las acciones que se puedan desarrollar para mitigar los impactos despreciables o no significativos. Por ello es necesario describir y analizar los criterios que, con base en la definición arriba descrita, se consideraron en este caso. Para atender el requerimiento de la autoridad, en el capítulo 6 se consideran medidas para evitar, compensar o mitigar todos y cada uno de los impactos ambientales identificados, sin embargo, en este capítulo se hace énfasis en aquellos que son considerados relevantes en términos legales y técnico-ambientales.

El atributo de significativo o relevante lo alcanza un impacto cuando el componente o subcomponente ambiental que recibirá el efecto del mismo, adquiere la importancia especial reconocida en las leyes, en los planes y programas, en las NOM's, y demás instrumentos jurídicos aplicables para la protección al ambiente, respecto a la posibilidad de generar desequilibrios ecológicos o rebasar límites establecidos. En este último caso, es conveniente citar como efecto el reconocimiento del estatus de protección que alcanzan las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con las siguientes categorías de riesgo:

- Probablemente extinta en el medio silvestre.
- En peligro de extinción.
- Amenazada.
- Sujeta a protección especial.

El nivel de significancia del impacto que pudiera incidir sobre alguna de estas especies, radica en el estatus de protección que le asigne la Norma; así resulta obvio que el impacto sobre una especie con estatus de “en peligro de extinción” puede alcanzar un mayor significado ambiental que si la especie estuviera catalogada en estatus de protección especial. De esta forma, las medidas de mitigación ante tal impacto deberán ser diseñadas conforme a esta lógica, de tal forma que todos los impactos se encuentren atendidos en la justa medida de su significancia.

Igualmente, dentro de este criterio se consideran los límites y parámetros establecidos en los instrumentos legales, normativos y de política ambiental que de acuerdo a los Artículos 28 y 35 de la LGEEPA deben considerarse en la evaluación de impacto ambiental. Las acciones que se lleven a cabo en las diferentes etapas del proyecto deberán apuntalar el

cumplimiento de las disposiciones jurídicas. Al respecto es importante destacar que en el Capítulo 3 se realiza la vinculación jurídica del proyecto con los instrumentos antes referidos y se describe para cada caso las acciones o medidas que garantizarán el cumplimiento del marco regulatorio para no rebasar los límites permisibles correspondientes o en su caso el compromiso de implementación de las medidas de mitigación correspondientes.

Criterio “Enfoque de Ecosistemas”

La *integridad funcional* de los ecosistemas está dada por la interacción entre sus componentes bióticos y abióticos de tal forma que se mantengan las múltiples funciones del ecosistema por tiempo indefinido (Crabbé *et al.* 1999). Callicot et al. (1997) la definen también como el conjunto de poblaciones de especies nativas en su abundancia y variedad históricas, que interactúan en comunidades bióticas naturalmente establecidas.

El nivel significativo de un impacto según este criterio se reconoce cuando es capaz de afectar el funcionamiento de uno o más procesos del ecosistema, de forma tal que su efecto puede generar una alteración entre componentes ambientales y con ello un desequilibrio ecológico.

La planificación espacial y la gestión integrada de zonas costeras para ser sostenibles, deben reconocer: a) la naturaleza interconectada de los ecosistemas costeros y b) la interacción de las obras y actividades desarrolladas por el hombre, como parte de este sistema “socio-ambiental”. El enfoque de dicha planeación y gestión debe ser el mantener la integridad del ecosistema y su funcionamiento para garantizar la resiliencia al cambio y la prestación sostenida de los servicios de los ecosistemas involucrados. Un enfoque basado en ecosistemas debe integrar objetivos ecológicos, económicos y sociales en un solo enfoque: “respetando los límites ecológicos / capacidad de carga, equilibrando el uso y el desarrollo de las necesidades humanas, con las necesidades de conservación y protección de los ecosistemas. Es un principio clave de sostenibilidad (UN Environment, 2018; Valavanidis, 2018 Yáñez et al., 2014).

El proyecto ha basado su diseño y gestión, justo bajo el Enfoque de Ecosistemas. En las Tablas 2.3 y 2.4 del Capítulo 2 de la presente MIA-R, se describen los criterios utilizados, mismos que en términos de los impactos que serán generados por el proyecto, son abordados más adelante en este capítulo y en el 6.

Criterio Enfoque del Capital Natural

Los ecosistemas y el stock de recursos naturales que son aprovechados o intervenidos por un proyecto, suministran bienes y servicios ambientales que proveen un valor social y económico para su ZIA (Capitals Coalition, 2021). Por tanto, deben ser considerados y evaluados como parte del capital invertido y se recomienda sean evaluados y aprovechados en forma sostenible.

La Coalición de Capitales plantea que el **Capital Producido** (bienes creados por el hombre y los activos financieros que se utilizan para producir bienes y servicios consumidos por la sociedad), es el resultado de la suma de tres capitales: el **Capital Natural**, **Capital Social** y **Capital Humano** (Figura 5. 11). En este sentido es fundamental tener presente que el que sostiene toda la cadena de capitales generados, es el **Capital Natural** (Capitals Coalition, 2021).

Figura 5. 11. Concepto de Capital Producido (adaptado de Capitals Coalitions, 2021).



El **Capital Natural**, puede entenderse como el stock de recursos naturales renovables y no renovables que se combinan para producir un flujo de beneficios o "servicios" a las personas (Atkinson y Pearce 1995; Jansson et al. 1994; Natural Capital Coalition, 2016). Estos flujos pueden ser servicios ecosistémicos o servicios abióticos, que aportan valor a las empresas y la sociedad.

En el caso del proyecto del puente, el **Capital Natural** está conformado por los ecosistemas y recursos naturales presentes en su ZIA y el SAR. En la Tabla 5. 15, se muestra una aproximación conceptual de dicho capital.

Tabla 5. 15. Capital Natural involucrado en la ZIA y el SAR del Proyecto Puente Nichupté. (Fuente GPPA).

BIENES Y SERVICIOS	TIPO DE AMBIENTES					
APROVISIONAMIENTO: Bienes o productos obtenidos de los ecosistemas	1	2	3	4	5	6
Recursos forestales no maderables						
Recursos pesqueros						
Recursos silvestres						
Recursos hidrológicos						
Recursos recreacionales						
Recursos paisajísticos						
Biodiversidad						
Germoplasma						
REGULACIÓN: Beneficios obtenidos de los procesos naturales y servicios generados por un ecosistema	1	2	3	4	5	6
Carga y recarga de acuífero						
Protección y estabilización litoral						
Captura y secuestro de carbono mitigación GEI						
Mantenimiento de la calidad del agua						
Retención de sedimentos y nutrientes						
Regulación microclimática						
SOPORTE: Servicios y procesos ambientales que dan soporte y mantienen otros ecosistemas	1	2	3	4	5	6
Hábitats críticos						
Ecosistemas						
CULTURALES: Beneficios no materiales obtenidos de los servicios brindados por un ecosistema	1	2	3	4	5	6
Recreación y turismo						
Desarrollo urbano						

- | |
|--|
| 1. Zona lagunar-estuarina |
| 2. Humedales de manglar |
| 3. Humedales dulceacuícolas |
| 4. Pastos marinos |
| 5. Selva mediana |
| 6. Barrera arenosa y cordones de dunas |

Como se ha observado a través de las listas de chequeo y matrices de impacto ambiental, el proyecto generará una serie de impactos ambientales negativos y positivos en su ZIA.

Al respecto es importante destacar que las acciones de mitigación y compensación que se están comprometiendo, no sólo compensarán en su totalidad los impactos generados, sino que serán revertidos hacia un concepto de “Impacto Neto Positivo” generando un gran beneficio no sólo para la ZIA del proyecto sino para el SAR y el ANP. Esto a través del “Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal” (SRAAT) y del “Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar” (PRMAAM). La descripción de ambos programas se presenta en el Capítulo 6.

Criterio de Capacidad de Carga

La capacidad de carga es una herramienta de planificación usada principalmente en áreas naturales protegidas, que sustenta y requiere decisiones de manejo. La capacidad de carga es relativa y dinámica, porque depende de variables que constituyen apreciaciones y que según las circunstancias pueden cambiar.

Cualquier denominación de capacidad de carga debe basarse en los objetivos del área protegida, los cuales definen la categoría de manejo y limitan los usos que pueden darse dentro de ella. Puesto que la capacidad de carga de un sitio depende de las características particulares del mismo, debe ser determinada para cada lugar por separado (Cifuentes 1992).

La determinación de la capacidad de carga no debe ser tomada como un fin en sí misma, ni como la solución a los problemas de visitación de un área protegida, ya que las decisiones en las que se basa, siendo humanas, estarán sujetas a consideraciones (o presiones) de orden social, económico y político que podrían desvirtuar la utilidad de la capacidad de carga como una herramienta de manejo (Cifuentes, 1992).

Con base a lo anterior, es importante destacar que los instrumentos que regulan los usos del suelo y recursos naturales involucrados en la ZIA y el SAR como son Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe en su diseño y concepción consideraron elementos o criterios de capacidad de carga.

Al respecto incluso como en el caso del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018 -2030, el propio proyecto del puente ya está considerado.

5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En las listas de chequeo (Tabla 5. 7 a Tabla 5. 9), se identifican y evalúan los factores del entorno susceptibles de ser impactados y los tipos de impactos que podrán ser generados por cada actividad del proyecto.

Considerando que las listas de chequeo y matrices de interacción tienen como limitante principal la identificación y evaluación de impactos acumulativos y sinérgicos, estos tipos de impactos fueron identificados por el juicio de expertos e incorporados a dichas listas y matrices como factores de impacto ambiental a valorar.

Como resultado de los análisis de las matrices de identificación y evaluación de impactos se obtuvo que, de las 2,145 interacciones posibles entre los 55 impactos y las 39 acciones del proyecto, solo sucederán 664, que representan el 31% del total. De estas 664 interacciones efectivas identificadas, 274 (41%) serán negativas, mientras que 390 (59%) serán positivas.

Respecto al total de las interacciones negativas. la etapa de construcción es la que presentará el mayor porcentaje de interacciones con 78%; en tanto que la de operación será la de menor porcentaje de interacciones negativas, con 8%. La etapa de preparación tendrá el 14% de interacciones negativas.

El factor del medio que recibirá el mayor número de interacciones negativas será el aire, con 48 interacciones que representan el 7% del total de interacciones posibles registradas. Por otro lado, el factor con mayor número de interacciones positivas será el manglar con 60 interacciones que representan el 9% del total de interacciones registradas.

Los impactos negativos que se presentarán con mayor frecuencia serán la Contaminación al aire por gases y polvos, la contaminación por GEI y la Contaminación por ruido. El impacto positivo identificado con mayor frecuencia será la creación de empleos directos e indirectos, la pérdida de individuos de fauna (por las actividades de rescate y restauración), la calidad de vida y salud (bienestar social) y de individuos en la NOM-059 en selva y humedales (por las actividades de rescate y restauración).

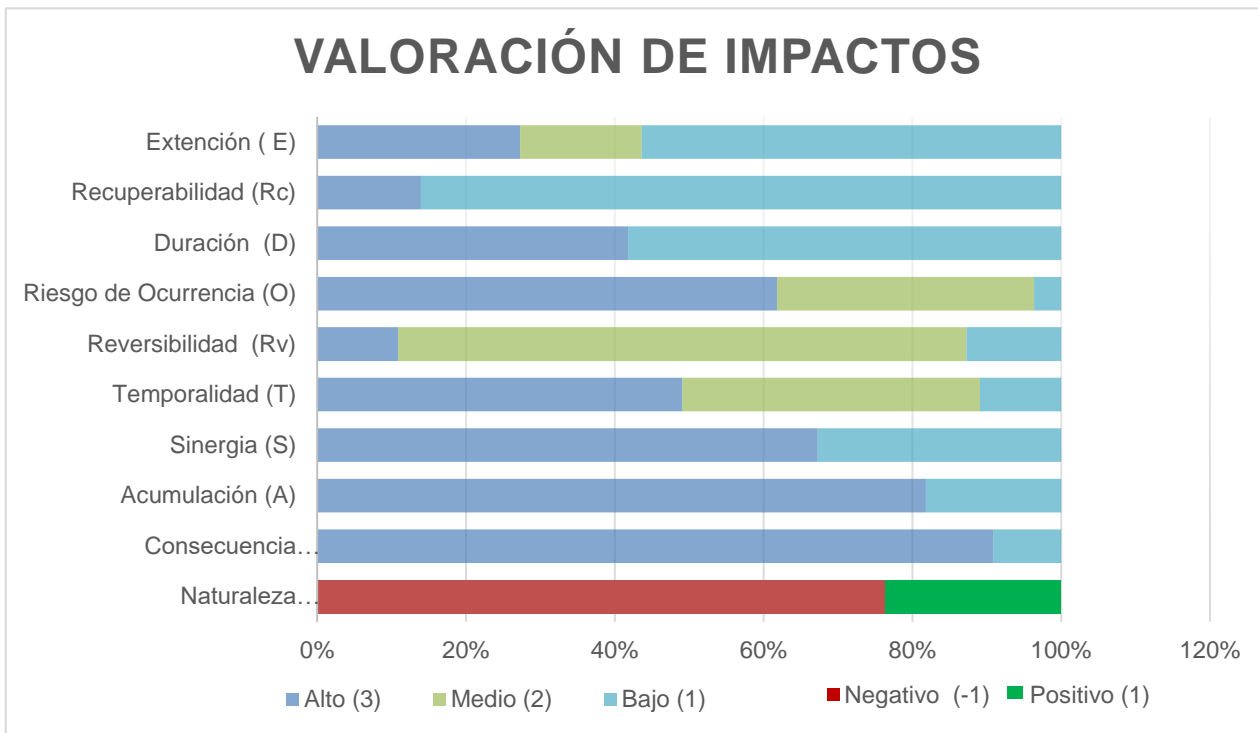
En cuanto al Índice de Incidencia I.I. se identificaron 16 impactos Significativos de los cuales, 7 se calificaron como negativos y 9 como positivos. Los impactos negativos con mayor I.I. fueron a la Fragmentación del paisaje y la modificación de ambientes naturales,

mientras que el incremento de bienes y servicios por el Programa de Rehabilitación fue el impacto positivo con mayor I.I, así como los impactos asociados al Bienestar Social y a la Economía Local.

El 67% de los impactos negativos, que corresponde a 28, fue No Significativo, y el 17%, correspondiente a 7, fue calificados como Significativo y en esa misma proporción se valoraron como Despreciable. Sobre los impactos positivos, el 69% fueron Significativos (9 impactos) y 31% más (4 impactos) fueron No Significativos; no se identificaron impactos como Despreciable.

Acercas de los atributos que se consideraron para calcular el I.I. se obtuvo que el 76% de los impactos analizados fueron clasificados con naturaleza negativa, mientras que el 24% como positivo; el 91% fueron de consecuencia directa; el 82% fueron acumulativos; el 67% fueron sinérgicos; el 49% se calificaron con una duración de largo plazo; sin embargo, el 58% fueron de duración temporal, es decir que su efecto tendrá un periodo de tiempo definido; el 86% fueron recuperables y el 76% fueron calificados con una reversibilidad intermedia (Figura 5. 12). Los impactos acumulativos y residuales se analizan de forma particular en los apartados 5.4.3 y 5.4.4 este mismo capítulo.

Figura 5. 12. Distribución de la valoración de los impactos de acuerdo con sus atributos.



5.4.1. Magnitud de los impactos evaluados

A reserva de que se detalla más adelante el análisis de cada impacto ambiental, como se puede observar en la **Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales** (Tabla 5. 12), en términos de la magnitud o extensión (Tabla 5. 14) de los impactos generados, se destacan los vinculados a los siguientes factores ambientales:

Paisaje

Un paisaje es un sistema socio ecológico que consiste de ecosistemas naturales y/o modificados y están influenciados por actividades y procesos ecológicos, históricos, políticos, económicos y culturales. El arreglo espacial y la gobernanza de un paisaje le da un carácter único (WBCSD, 2017).

La construcción de obras que modifican el paisaje, como es el caso, normalmente generan los siguientes impactos ambientales: a) afectación territorios con valor o riqueza paisajística, b) obstrucción de la visibilidad, c) pérdida de belleza escénica y d)

fragmentación y pérdida de conectividad en paisajes y ecosistemas (Espinoza, 2001; UNEP, 2002).

Tomando como base lo anteriormente expuesto, es importante destacar que la ZIA y el SAR del proyecto forman parte de un sistema socio ecológico modificado en el que se integran e interactúan 3 componentes: a) la zona urbana de Cancún, b) la zona hotelera y c) el SLN con los humedales y selva asociados.

Dadas las dimensiones del proyecto, este fue categorizado en términos de la magnitud del impacto, con implicación regional (Tabla 5. 12 y Tabla 5. 14).

Como se hizo referencia en el Capítulo 2, el proyecto es un viaducto que cruzará una sección de selva, manglares y humedales de influencia dulceacuícola y el SLN en sentido NO-E.

El proyecto generará un efecto de fragmentación y calidad visual permanente al paisaje natural en la zona lagunar y vegetación asociada. La perspectiva visual del proyecto desde el Entronque Este (Zona Urbana), será poco perceptible (a excepción de las edificaciones de más de 2 o 3 niveles de altura). No así en el caso de la perspectiva que puede tenerse a lo largo de la zona hotelera desde la cual el proyecto podrá observarse prácticamente desde cualquier edificación de más de 2 o 3 niveles de altura.

A pesar de que la magnitud del impacto es regional y permanente, es importante tener presente que este, como ya se mencionó, será generado en un sistema socio ecológico modificado, en continua transformación por la construcción de nuevas edificaciones y en el que es normal y previsible el desarrollo de este tipo de proyectos. Como se menciona en el Capítulo 2 y 3, la demanda creciente de servicios y la necesidad de resolver la problemática vial en el destino, los propios instrumentos de planificación territorial aplicables (POEQROO,2014 y POEQROO,2019) tienen previsto y planificado el desarrollo del proyecto objeto del presente estudio. De tal suerte que, para los visitantes, turistas y residentes, la modificación del paisaje forma parte de un proceso dinámico que es necesario para resolver las necesidades del destino, pero sin comprometer la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y capital natural que sostiene la actividad económica. Este tipo de transformaciones, son normales en destinos turísticos costeros. Por citar algunas, están los casos de ciudades como Miami y Panamá, entre otras. En términos

ecológicos es importante destacar que, al ser un viaducto suspendido en pilas, el efecto de fragmentación y pérdida de conectividad sobre los ecosistemas no será significativo, ni comprometerá su estructura, funciones e integridad ecológicas.

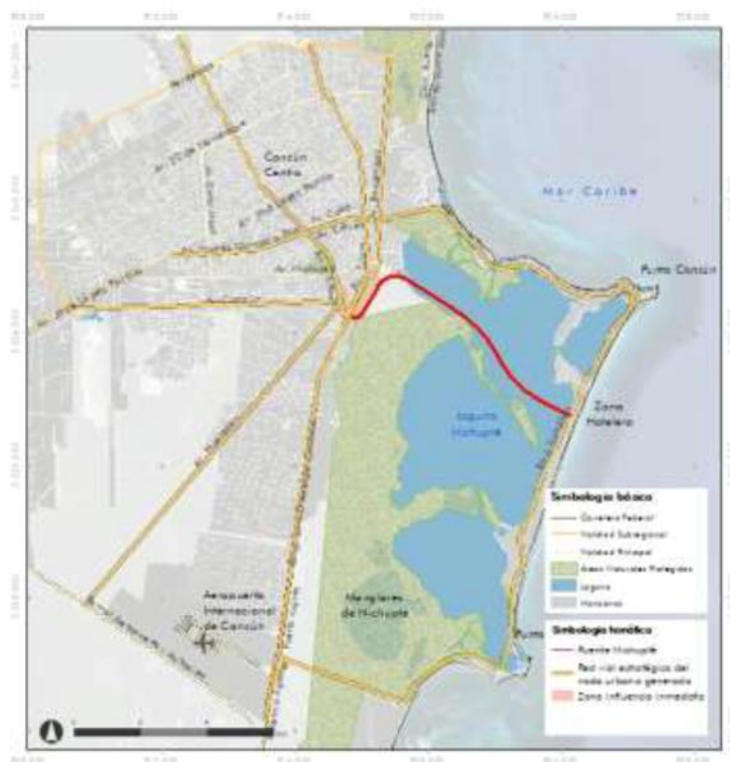
Bienestar Social

A reserva de que serán descritos en detalle cada uno de los impactos previstos a este componente ambiental, se puede decir que el conjunto derivado de impactos asociados que serán generados a este Componente Ambiental por el proyecto, fueron categorizados en términos de consecuencia directa, es decir, con magnitud 3 y riesgo de ocurrencia 3, es decir, que se presentará más allá del área de influencia ambiental del proyecto y con una alta probabilidad de ocurrencia (Tabla 5. 10 y Tabla 5. 12).

El área de influencia regional la constituye la zona urbana de Cancún y la articulación con la vialidad que conectan con los municipios al sur de Estado, debido a los servicios de turismo que ofrece la Riviera Maya. Para definir la zona de influencia regional, se tomaron en cuenta las vías que tendrían conexión directa con el Puente Vehicular Nichupté y los tramos carreteros que utilizan los usuarios potenciales del proyecto. En la Figura 5. 13 se muestra la zona de influencia directa que generará el proyecto en términos de conectividad (Sánchez, 2021).

Figura 5. 13. Zona de influencia directa del proyecto en términos de conectividad (Sánchez, 2021).

Ilustración 5. Zona de influencia directa



El Proyecto, será una infraestructura resiliente para la ciudad, que ofrecerá una ruta alterna inmediata para: a) el desplazamiento de los trabajadores y prestadores de servicios y para el disfrute de los servicios y productos que ofrece la zona urbana de Cancún a los turistas y b) una ruta o medio eficiente y seguro para la evacuación de la población y turistas, ante riesgos de origen natural o antrópico como los hidrometeorológicos, químico-tecnológicos, sanitario-ecológicos y los derivados de accidentes o de seguridad, brindando una segunda opción de entrada/salida que liberaría una gran presión sobre la actual entrada el kilómetro cero, que presenta serios problemas de circulación en horas pico.

Como se verá en detalle, el Puente también generará impactos de gran magnitud al mejorar de forma significativa la accesibilidad entre la ciudad y la zona hotelera. Las condiciones de mayor conectividad se traducirán en los siguientes beneficios (Sánchez, 2021):

- Las personas que viven en la ciudad y trabajan en la zona hotelera, tendrán traslados más rápidos y de menor costo;
- Los habitantes de Cancún podrán acceder de manera eficiente a las playas, que constituyen uno de los mejores espacios recreativos y de convivencia del municipio;
- Los visitantes de la zona hotelera podrán trasladarse hacia zonas de la ciudad hasta ahora poco visitadas por turistas, lo que extenderá la zona de derrama económica;
- El puente ofrecerá infraestructura ciclista adecuada y segura;
- La zona hotelera podrá ser desalojada de manera eficaz en situaciones de contingencia como fenómenos hidrometeorológicos.

Como se ha referido, el proyecto representa una vía alterna de acceso a la Zona Hotelera cruzando la laguna de Nichupté desde la zona urbana, con lo cual contribuirá a disminuir el congestionamiento que se produce y ayudará a reducir los tiempos de viaje tanto de prestadores de servicios, trabajadores, y turistas locales, nacionales e internacionales. A su vez, fungirá como una ruta de evacuación alterna durante la temporada de huracanes del Golfo de México y Mar Caribe, la cual se presenta en los meses de junio a noviembre y genera inundaciones que bloquean la comunicación entre la zona urbana y la zona hotelera (Sánchez, 2021).

Economía Local

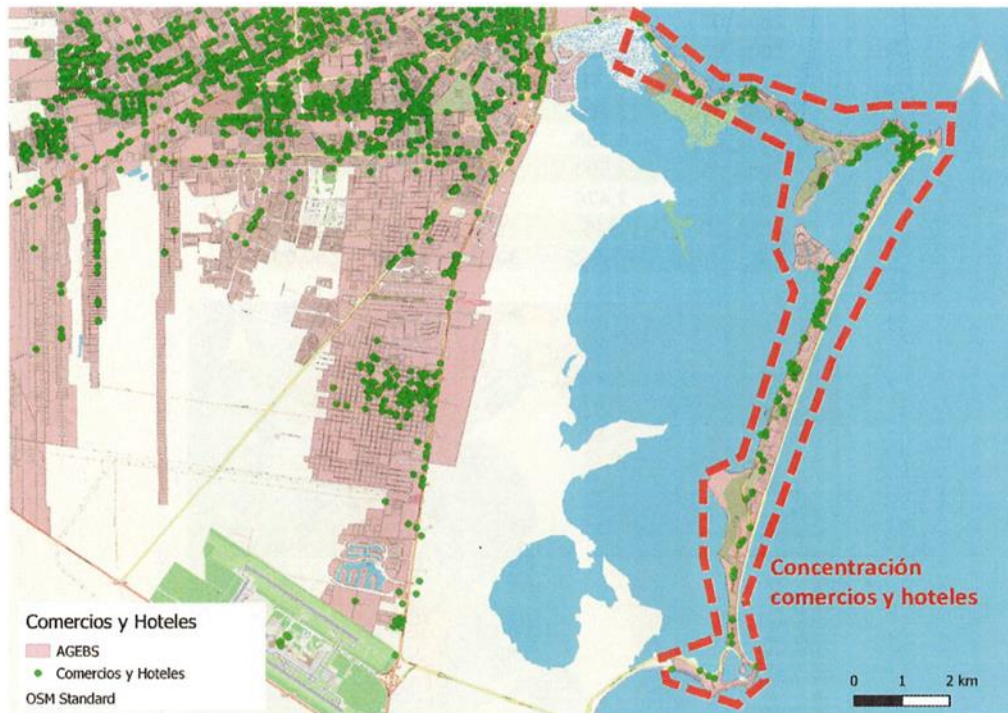
El conjunto derivado de impactos asociados que serán generados a este Componente Ambiental por el proyecto, fueron categorizados en términos de magnitud 3 y por tanto con implicaciones a nivel regional (Tabla 5. 12 y Tabla 5. 14).

Como puede observarse en la Figura 5. 13, el proyecto será una tercera vía de acceso a la Zona Hotelera desde la zona urbana, que mejorará en forma sensible el intercambio de bienes y servicios, lo cual generará un impacto de gran magnitud en la economía local del SAR, de la zona urbana y hotelera.

En la zona hotelera, la mayor concentración de comercios y hoteles se observa al norte y al este del boulevard Kukulcán; la zona con menor infraestructura es al sur del boulevard, En el área, habitan al día aproximadamente 47 mil personas, de las cuales, 90% son turistas y 10% residentes. Las 47 mil personas se distribuyen dentro de un área de 8.7 Km². Los

meses con mayor afluencia de turistas son: marzo, julio y diciembre. En 2019, en el mes de marzo se registró 417 mil turistas; en julio se registraron 455 mil turistas, y en diciembre 413 mil turistas. En promedio, el número de turistas al mes es de 383 mil personas, con una estancia de 4.1 días (SITT, 2020). En la Figura 5. 14 puede observarse planimétricamente el grado de concentración y comercios en el SAR y zona urbana adyacente. Tomando esto como referencia, se puede inferir que el proyecto generará un impacto importante en la economía local, incrementando el flujo de bienes y servicios, fomentando la creación de empleos directos e indirectos y fortaleciendo la productividad de este importante destino turístico.

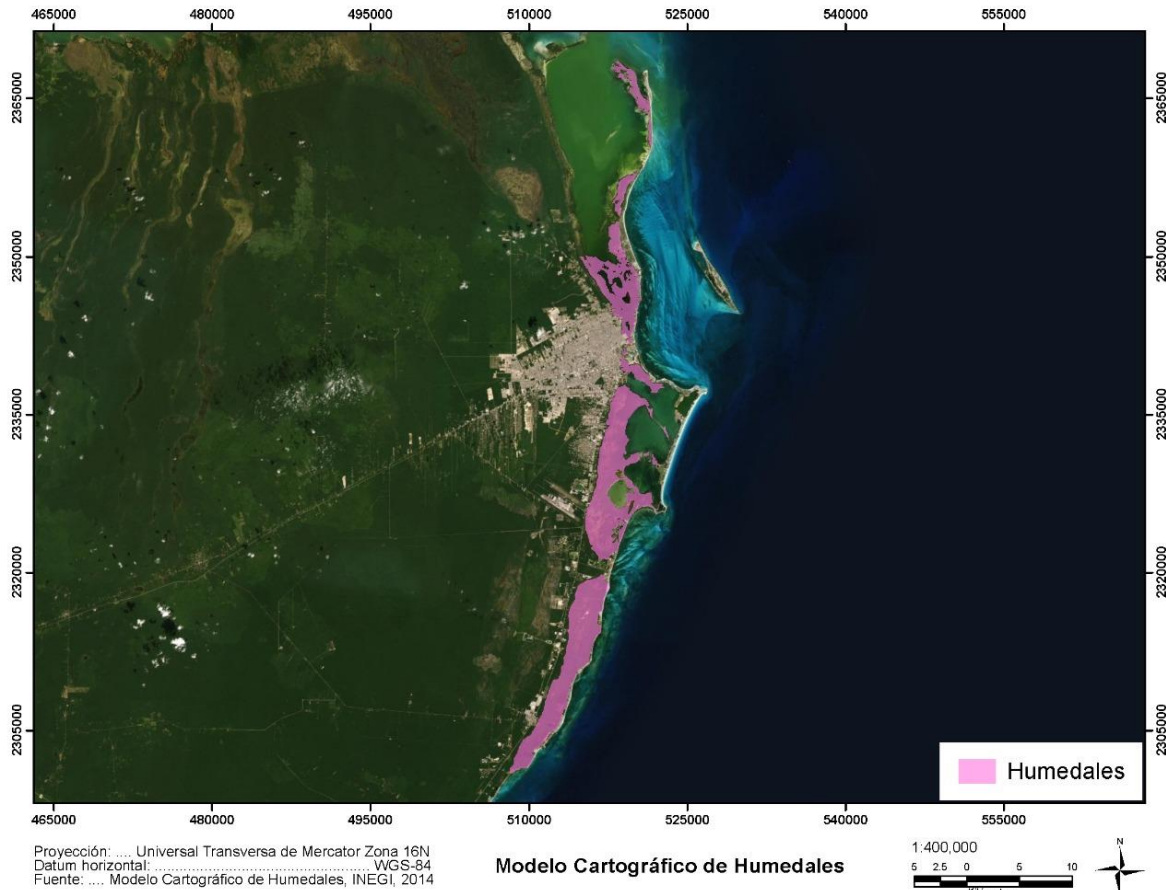
Figura 5. 14. Distribución de comercios y hoteles en la zona hotelera y Ciudad de Cancún (SITT, 2020).



Manglar

La ZIA y el SAR del proyecto se ubican en la parte central del Sistema de Humedales Chacmucuch-Puerto Morelos (Figura 5. 15).

Figura 5. 15. Sistema de Humedales Chacmunchuch-Puerto Morelos.



Derivado del desarrollo turístico, inmobiliario y urbano, este gran sistema de humedales, se ha fragmentado e impactado en forma creciente. Las principales causas de su deterioro han sido:

- Remoción por aprovechamientos regulados para desarrollo turístico y urbano
- Alteración de hidrología superficial y subsuperficial por carreteras, caminos y terraplenes.
- Desmontes y rellenos clandestinos.
- Ruptura de barrera arenosa (bocas de tormenta) por fenómenos hidrometeorológicos.

- Derribos, enterramiento con arena y salinización por fenómenos hidrometeorológicos.
- Contaminación por residuos líquidos y sólidos de zonas urbanas y turísticas.
- Otros.

Del total de impactos evaluados, el de mayor magnitud en la porción terrestre del SAR y la ZIA corresponde a la recuperación y rehabilitación de las 306.6 ha de manglar como medidas compensatorias por la afectación temporal de manglar por el desarrollo del proyecto. Como se ha referido en el Capítulo 2 y en la sección 5.2.1 del presente estudio, únicamente una superficie de 760.50m² correspondientes a pilas y terraplenes del Puente se colocarán sobre la zona de manglar generando un impacto directo sobre esta vegetación (Figura 5. 16). Adicional a esta superficie, será generado un impacto temporal de 0.9117 ha de manglar por la habilitación de rellenos temporales (Figura 5. 17). En total, se afectará temporalmente una superficie de 0.9878 ha de manglar por las obras temporales y permanentes del Proyecto, esta superficie representa el 0.028 % del manglar presente en el SAR.

Figura 5. 16. Superficie de contacto directo por las obras permanentes del Proyecto sobre vegetación de manglar.

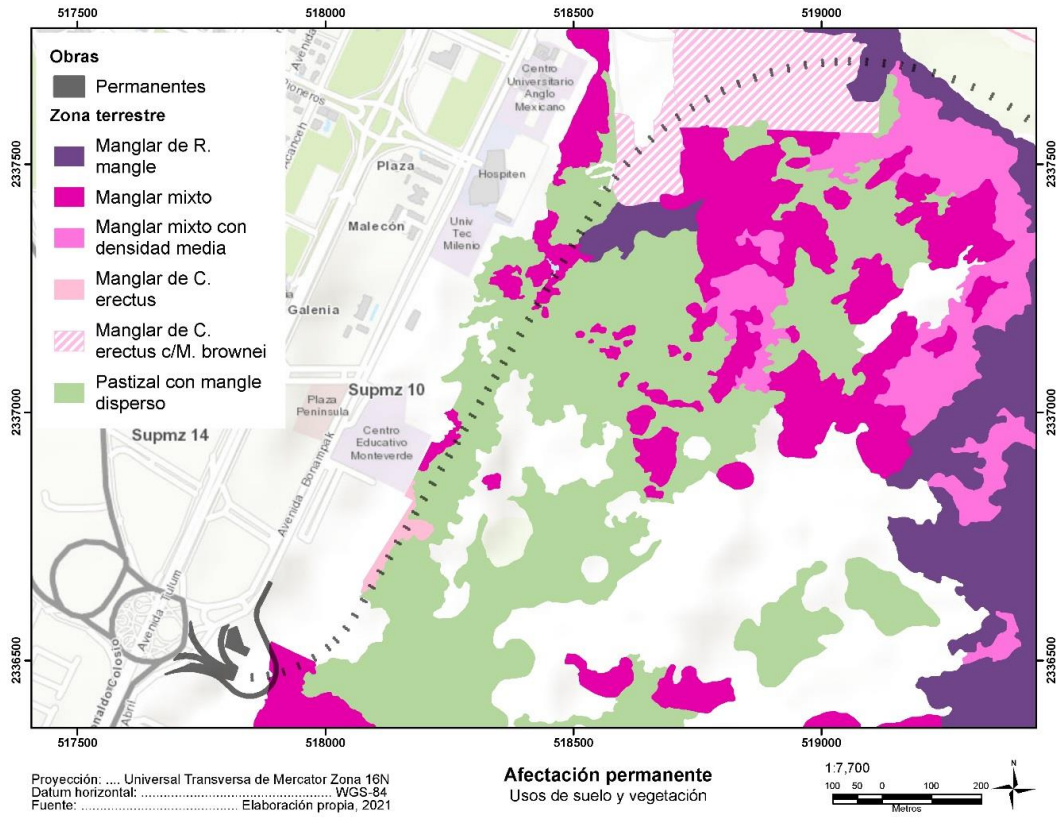
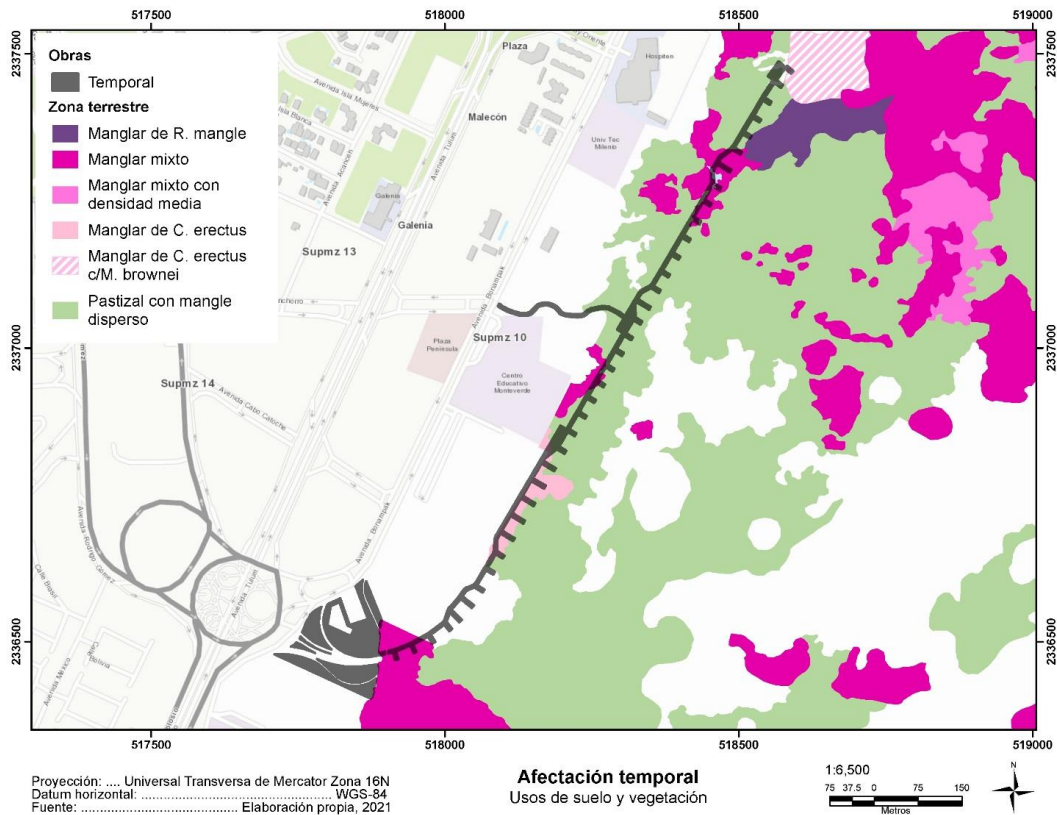


Figura 5. 17. Áreas de afectación temporal de manglares por la construcción del Puente Vehicular Nichupté.



Como se describe en la sección 5.2.1, derivado del estudio de manglares realizado específicamente para esta MIA (Informe técnico sobre la estructura y condición de ecosistemas de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté Bojórquez, 2021), fue posible determinar que de: a) las parmente 2,697 ha de superficie existente en el SAR, el 76 % se encuentran en buen estado de conservación, 15 % en un estado de deterioro medio y el 9 % en un estado de deterioro importante y b) en el polígono de manglar adyacente en la zona sur del SAR y con superficie de 346.33 ha, el 40.6 % se encuentra en una condición de manglar degradado y el 59.4 % de manglar altamente degradado (Figura 5.3 y Tabla 5.4; Anexo Cartográfico).

Como se refiere en el Capítulo 2 y en la **Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales** (Tabla 5. 12), el proyecto considera como parte de las obras y actividades: a) la implementación del Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de

Manglar (**PRMAAM**) y b) la ejecución de una medida de compensación consistente en la cesión de propiedad a la SEMARNAT de una superficie de 208.44 ha en propiedad del Gobierno del Estado y que forma parte del Acuerdo Destino de la secretaria y la donación de una propiedad de 97.41 ha fuera Acuerdo Destino cubierta en su mayoría por manglar, selva y humedales dulceacuícolas de influencia mareal (Figura 5. 18).

Por la ubicación del Proyecto sobre áreas de Acuerdo de Destino de la CONANP, así como por el impacto directo de 0.9878 ha de vegetación con manglar (aprovechamiento temporal y permanente), el proyecto plantea la ejecución del **PRMAAM** consistente en la rehabilitación de 306.6 ha dentro del ANP del manglar degradado (Figura 5. 19), así como la cesión de 305.8 ha de propiedad del Gobierno del Estado a la SEMARNAT.

Por lo antes expuesto es importante destacar que el impacto ambiental producido por estas medidas es de gran magnitud y relevancia dado que representan una superficie total de **compensación de 612.45 ha.**

Figura 5. 18. Áreas de cesión del Estado a favor de SEMARNAT propuestas como medida compensatoria adicional.

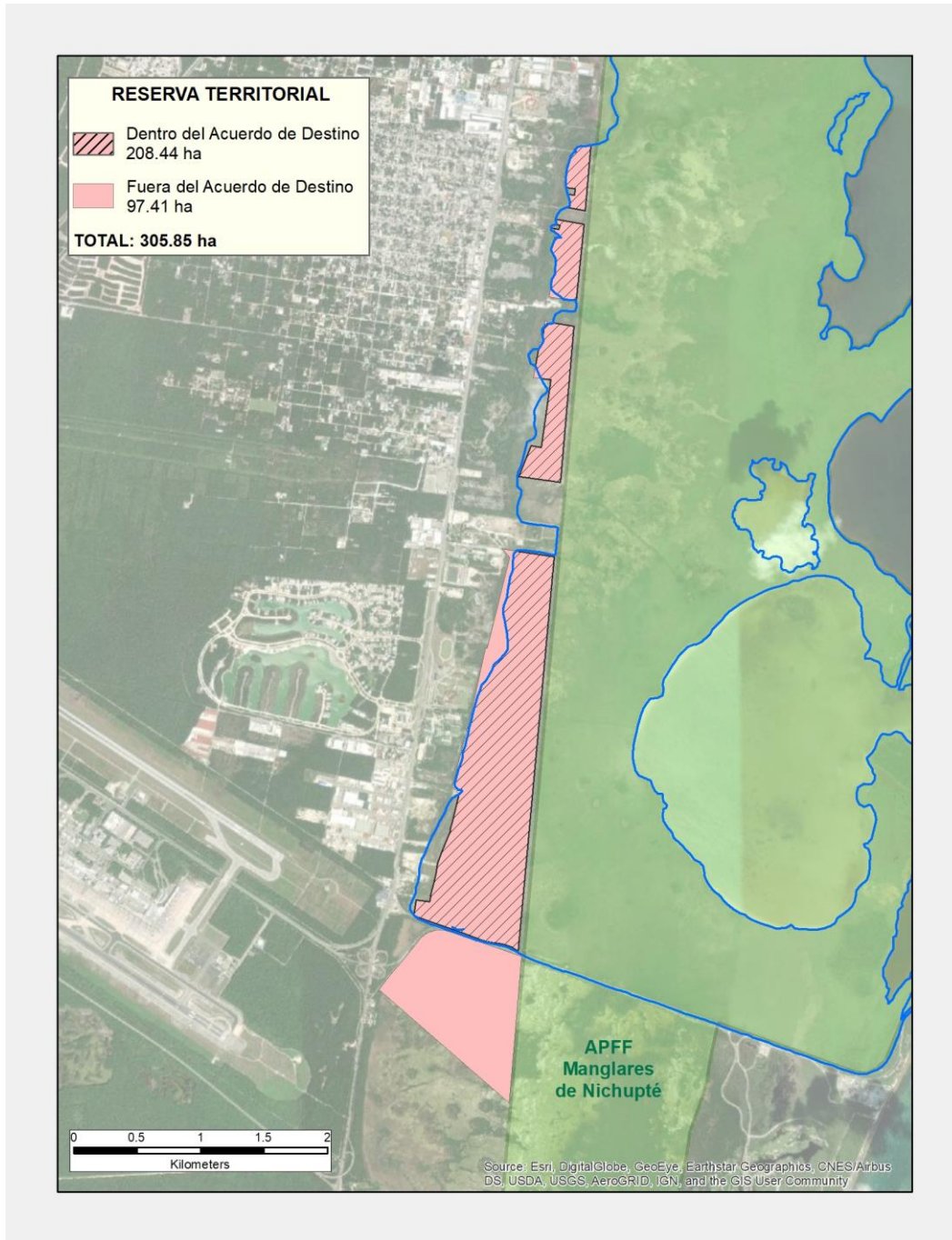


Figura 5. 19. Áreas de compensación del proyecto Puente Vehicular Nichupté.



Selvas y Humedales

Otro impacto que será generado por el proyecto y que es relevante por su magnitud se relaciona con la afectación de estos tipos de vegetación y por la recuperación y compensación que el proyecto está comprometiendo.

El Proyecto presentará una afectación total (temporal y permanente) de 1.77 ha en vegetación de selva mediana con vegetación secundaria y vegetación secundaria de selva mediana. Además, se ubicará en 0.17 ha de área verde jardinada y 0.85 ha de superficie que actualmente ya cuenta con un modelado antrópico.

Es de observarse que, las áreas que serán aprovechadas en su mayoría presentan características que las clasifican como vegetación perturbada, ya que se desarrollan especies exóticas, la estructura forestal está dominada por individuos jóvenes, y el suelo forestal está contaminado con residuos sólidos. Por ello, una vez que se concluya la

construcción del proyecto, se pretende implementar el SRAAT que contemple las zonas de aprovechamiento temporal y mejore la calidad ambiental de las mismas con relación a su condición actual.

5.4.2. Significancia de los impactos evaluados

A continuación, se presentan los resultados del análisis de significancia para cada uno de los impactos ambientales identificados, con relación a los factores del ambiente sobre los que inciden como resultado del desarrollo del Proyecto. Para facilitar el análisis e interpretación de los resultados, se elaboraron fichas de evaluación de significancia por cada factor ambiental conforme a los criterios descritos en la sección 5.3 (Tabla 5. 10 a Tabla 5. 14).

El análisis se presenta por medio de una ficha por impacto ambiental identificado y agrupado por factor ambiental, la cual incluye los siguientes elementos: a) Impacto b) Factor afectado; c) Atributos del Impacto y su valoración (Tabla 5. 11); d) Significancia e Índice de Incidencia; e) Número de Interacción positiva y negativas (Tabla 5. 10); f) Lista de las actividades generadoras del impacto en análisis para cada una de las etapas de desarrollo; g) Descripción del impacto con base en el razonamiento e interpretación de los puntos anteriores, h) la calidad ambiental actual del factor que podría ser afectado; i) medidas sugeridas para la mitigación del impacto, las cuales deberán estar vinculadas con las propuestas en el Capítulo 6 de esta MIA.

a. Aire

Impacto		A1. Contaminación por polvos									Factor afectado			Aire									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia			0.39			Interacciones positivas			10			Interacciones negativas			16			
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación					Construcción										Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento - Acarreo de materiales - Implementación sistema señalización ambiental - Desmonte y despalme - Construcción y operación del Patio de Maniobras - Construcción y operación del vivero - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP 					<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP - Acarreo de materiales desde bancos de préstamo. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Construcción de casetas, edificio administrativo y de servicios. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Construcción de cabezales y montaje de trabes. - Construcción de losa rodamiento. - Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos). - Forestación y creación de áreas verdes. 										<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Movilidad/Circulación de vehículos. - Conectividad e integración territorial. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								
Descripción del impacto		<p>La generación de polvos será sólo en los frentes de trabajo. En el caso de los Tramos 1 y 5 por tratarse de zonas urbana y turística respectivamente, será relevante la aplicación de las medidas de mitigación para disminuir al mínimo, los efectos en la calidad del aire y sobre todo los efectos que pudiera tener sobre los residentes y turistas.</p>																					

	<p>En el caso de los Tramos 2 y 3 que se ubican en zonas cubiertas por vegetación de selva, pastizales inundables y manglares, será importante también la aplicación de las medidas de mitigación para evitar ser afectadas por la deposición de polvos. Por ser zonas alejadas de la zona urbana y turística no se prevén impactos a la comunidad y turistas.</p> <p>El Tramo 3, transcurre sobre el SLE, alejado de la zona urbana y turística por lo tanto el efecto en la calidad del aire no será relevante, sin embargo, para no afectar la calidad del agua y de la vegetación sumergida, será relevante la aplicación de las medidas de mitigación.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Actualmente en el SAR y específicamente en la zona hotelera, existen altos niveles de congestión por la circulación de los 45,000 vehículos diarios en promedio por cada sentido, así como emisiones constantes de polvos y partículas propios de la construcción asociados al desarrollo de nuevos desarrollos en la zona hotelera.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Para mitigar este impacto la promovente contempla la aplicación de los Programas de Manejo Integral de Residuos, Supervisión y Gestión Ambiental. Así como capacitación para el personal de obra mediante el Programa de Manejo y Gestión Ambiental. Además, se vigilará el estricto cumplimiento a las NOM-085-SEMARNAT-2011, NOM-003-SEGOB-2002</p>

Impacto		A2. Contaminación por GEI									Factor afectado			Aire									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.39			Interacciones positivas			10			Interacciones negativas		16						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Acarreo de materiales. - Desmante y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). - Construcción y operación del Patio de Maniobras. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Forestación y creación de áreas verdes. - Excavación en áreas de entronques y áreas de aprovechamiento temporal. - Acarreo de materiales desde bancos de préstamo. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Construcción de casetas, edificio administrativo y de servicios. - Elaboración de concreto, travesaños, ademes en Patio de Maniobra para tramos 1 a 5. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Construcción de cabezales y montaje de travesaños. - Construcción de losa rodapié. - Acabado superficie de rodapié (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos). 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Movilidad/Circulación de vehículos. - Conectividad e integración territorial. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								

<p>Descripción del impacto</p>	<p>Durante las etapas de preparación y construcción, serán emitidos GEI por el uso de todos los vehículos, equipos y maquinaria con motores de combustión interna que serán utilizados. El impacto será acumulativo y temporal de mediano plazo y solo mientras dura el proceso de construcción del proyecto. El nivel del impacto será puntual (sólo en los frentes de trabajo) y no rebasará la ZIA. Por sus características descritas en los criterios técnico científicos empleados, por la aplicación de las medidas de mitigación asumidas por el proyecto y por no comprometer la estructura y función de los ecosistemas y los bienes y servicios que Recuperable estos generan, este impacto se considera no significativo.</p> <p>Durante la etapa de operación del proyecto, el impacto generado será positivo, acumulativo y permanente. Se considera de gran magnitud (3) porque su área de influencia será el SAR.</p> <p>Como lo revelan los estudios realizados por AGEPRO (2020) y Sánchez (2021) para el proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actualmente el número de vehículos de motor registrados en circulación en el Estado de Quintana Roo para el 2019 fue de 867,895 vehículos, de los cuales, 405,614 fueron registrados en el municipio de Benito Juárez, lo cual representa el 46.74% del total Estatal. • En su primer año de operación el proyecto podría estar captando 9,770 vehículos diarios (autos y autobuses) y 12,160 al 2030. • En su primer año de operación, el ahorro de Bióxido de Carbono equivalente (CO₂e) sería de 5,018.27 toneladas en la ZIA y el SAR del proyecto, 4% generado por el ahorro en consumo de gasolina y el 96% por el ahorro en consumo de diésel. De mantenerse y no existir cambios en la tecnología de los automóviles y del combustible empleado, el Proyecto estaría incrementando los ahorros de emisión de CO₂e en un 10% anual para el periodo 2021-2030. Al 2050 el ahorro de toneladas de CO₂e sería de 207,662.93. <p>Por estas razones se considera que al balance neto en términos de impacto para este Factor Ambiental es Neto Positivo, significativo y con repercusiones a nivel regional (SAR).</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Actualmente existen altos niveles de congestión que se presentan especialmente en la zona de Punta Cancún, con malos niveles de servicio derivados de la configuración urbana, así como de la dinámica de la zona que atrae y genera viajes de placer y trabajo desde la ciudad con volúmenes altos de más de 45,000 vehículos diarios en promedio por cada sentido. Dicho congestionamiento ha deteriorado la imagen y la calidad urbana, así como las condiciones de movilidad en el Boulevard Kukulcán. Este proceso de movilidad poco eficiente, ha contribuido a generar en el SAR y particularmente en la zona turística y la ciudad, condiciones de baja calidad en el aire y efectos de contaminación atmosférica por GEI.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Uno de los objetivos centrales del proyecto es coadyuvar en la solución a los serios problemas de movilidad que existen en la zona hotelera y la Ciudad de Cancún, en particular con la “Estrategia Integral de Movilidad Urbana Sostenible para el Municipio de Benito Juárez” y contribuir a la disminución en la generación de GEI y apoyar la mitigación y adaptación al cambio climático (Tabla 2.4, Capítulo 2). Para mitigar el impacto temporal por la emisión de GEI durante la fase de construcción, la promovente contempla la aplicación de medidas a través de los Programas: a) Programa de Supervisión y Gestión Ambiental, b) Programa de Manejo Integral de Residuos y c) Programa de Manejo y Gestión Social, así como el cumplimiento de la NOM-085-SEMARNAT-2011.</p>

Impacto		A3. Contaminación por ruido.									Factor afectado			Aire									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.39			Interacciones positivas			10			Interacciones negativas		16						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Acarreo de materiales. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). - Construcción y operación del Patio de Maniobras. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Forestación y creación de áreas verdes. - Excavación en áreas de entronques y áreas de aprovechamiento temporal. - Acarreo de materiales desde bancos de préstamo. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Construcción de casetas, edificio administrativo y de servicios. - Elaboración de concreto, trabes, ademes en Patio de Maniobra para tramos 1 a 5. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Construcción de cabezales y montaje de trabes. - Construcción de losa rodamiento. - Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos). 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Movilidad/Circulación de vehículos. - Conectividad e integración territorial. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								

<p>Descripción del impacto</p>	<p>Durante las etapas de preparación y construcción, la operación de todos los vehículos, equipos y maquinaria, así como el manejo de insumos y materiales de relleno generarán ruido y por tanto contaminación auditiva. El impacto será acumulativo y temporal de mediano plazo y solo mientras dura el proceso de construcción del proyecto. El nivel del impacto será puntual (sólo en los frentes de trabajo) y no rebasará la ZIA. Considerando que los Tramos 1, 2 y 3 están inmersos en zonas con cobertura vegetal, estas barreras naturales atenuarán el ruido generado por los equipos, vehículos y maquinaria amortiguando el ruido. Por sus características descritas en los criterios técnico científicos empleados, por la aplicación de las medidas de mitigación asumidas por el proyecto y por no comprometer la estructura y función de los ecosistemas y los bienes y servicios que ruido. Por estos generan, este impacto se considera no significativo.</p> <p>Durante la etapa de operación del proyecto, el impacto generado será acumulativo, permanente y de alcance regional (SAR). Conforme a AGEPRO (2020) y Sánchez (2021) circulan diariamente 45,000 vehículos diarios en ambos sentidos por la zona hotelera con la generación de ruido que esto genera en el SAR. Los niveles de ruido se acentúan cuando hay altos niveles de congestión y tráfico. Con el proyecto se espera una disminución sensible en los niveles de ruido particularmente en la zona hotelera debido a que en su primer año de operación podría estar captando 9,770 vehículos diarios (autos y autobuses) y 12,160 al 2030. Es decir, el proyecto en sí mismo es un instrumento o medida de mitigación al nivel de ruido y contaminación atmosférica por la emisión de GEI.</p> <p>Por estas razones se considera que al balance neto en términos de impacto para este Factor Ambiental es Neto Positivo, significativo y con repercusiones a nivel regional (SAR).</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Actualmente en el SAR y específicamente en la zona hotelera, existen altos niveles de congestión por la circulación de los 45,000 vehículos diarios en promedio por cada sentido. Dicho congestionamiento ha deteriorado la imagen y la calidad urbana, así como las condiciones de movilidad en el Boulevard Kukulkán. Este proceso de movilidad es poco eficiente y se complica durante la temporada de lluvias, lo cual ha contribuido a generar en el SAR y particularmente en la zona turística y la ciudad, condiciones de baja calidad en el aire por efectos del ruido y otros impactos a la calidad del aire (AGEPRO, 2020, Sánchez, 2021).</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Uno de los objetivos centrales del proyecto es coadyuvar en la solución a los serios problemas de movilidad que existen en la zona hotelera y la Ciudad de Cancún, en particular con la “Estrategia Integral de Movilidad Urbana Sostenible para el Municipio de Benito Juárez” y contribuir a la disminución en la generación de GEI y apoyar la mitigación y adaptación al cambio climático (Tabla 2.2, Capítulo 2). Para mitigar los impactos por ruido durante las fases de preparación y construcción, la promovente contempla la aplicación de las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La maquinaria y equipo que sea utilizado durante todas las etapas del proyecto se mantendrá en óptimas condiciones mecánicas para disminuir en la mayor medida posible el nivel de ruido generado. • Se evitará realizar labores de mantenimiento dentro de la zona de trabajo. Cuando esto sea necesario, la maquinaria y equipo serán trasladados a un taller especializado fuera del sitio y en cumplimiento a la normatividad correspondiente. • A través del Programa Supervisión y Gestión Ambiental, se supervisará que todas las obras y actividades, se apegarán a lo establecido en la NOM-081-ECOL-1994 modificada en 2013, respecto a los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

b. Agua

Impacto		Ag1. Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.						Factor afectado			Agua												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.39			Interacciones positivas			7			Interacciones negativas		13						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Estudios geofísica y geotécnicos. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Instalación de barreras antidispersión. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Construcción de cabezales y montaje de traveses. - Construcción de losa rodamiento. - Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos). - Acceso y operación de barcazas. 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Movilidad/Circulación de vehículos. - Mantenimiento de la superestructura. 								
Descripción del impacto		<p>Durante las etapas de preparación y construcción, es posible el vertimiento accidental de residuos sólidos, líquidos y/o peligrosos a la laguna y al agua superficial (zonas inundables), por mal manejo de maquinaria, vehículos, almacenes y servicios para los trabajadores. El impacto tendrá una probabilidad media y en caso de ser generado, será acumulativo pero temporal de mediano plazo y solo mientras dura el proceso de construcción del proyecto. El nivel del impacto será puntual (sólo en los frentes de trabajo) y no rebasará la ZIA.</p> <p>Durante la fase de construcción, específicamente durante los trabajos de perforación para el hincado de los pilotes, es probable la liberación de contaminantes retenidos en sedimentos. Si los sedimentos no son recuperados y vertidos accidentalmente al SLN o en la</p>																					

	<p>zona de humedales, se podría generar un problema de contaminación acumulativo y recuperable, pero puntual (sólo en los frentes de trabajo) y no rebasará la ZIA.</p> <p>Durante la etapa de operación del proyecto, es posible la existencia de derrames accidentales, pero estos no implicarán un impacto al recurso Agua, por las medidas de mitigación que serán empleadas y porque el proyecto considera un sistema de colecta de aguas pluviales que drenarán a un cárcamo para el correspondiente manejo y disposición final. Esto incluirá las descargas de sustancias contaminantes.</p> <p>Por las características descritas en los criterios técnico científicos empleados (Tabla 5.12), por la aplicación de las medidas de mitigación asumidas por el proyecto y por no comprometer la estructura y función de los ecosistemas y los bienes y servicios que estos generan, este impacto se considera no significativo.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Los estudios de línea base de distintos indicadores de la calidad del agua (físicoquímicos, nutrientes, cafeína y clorofila) del SLN que forma parte del SAR realizados para el presente estudio (██████████), permiten concluir que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El SLN se encuentra en un proceso de deterioro general. A lo largo de la laguna se registraron altas concentraciones de Cl-a y altas concentraciones de nutrientes inorgánicos derivados del estado de eutrofización que imperan en la laguna. • Los resultados de este estudio muestran que la mayor concentración de nutrientes (NID, FSR y SiRS) tienen un patrón de distribución ubicado al occidente del SLN dónde se tiene documentada la presencia de manantiales. Esto sugiere que la descarga de agua subterránea es una fuente importante de contaminantes. Por lo tanto, el deterioro de la calidad del agua no está restringida a Bojórquez, sino a la ZIA del proyecto y la zona del y Río Inglés (ZV) que también son zonas vulnerables al proceso de eutrofización. • El estudio realizado, es una referencia del estado actual que guardan las diferentes zonas que conforman el SLN y demuestran el impacto de la actividad turística que se desarrolla en su periferia, así como la creciente vulnerabilidad del sistema. Estos resultados robustecen las propuestas de otros estudios sobre la necesidad de implementar medidas de saneamiento y/o recuperación en zonas prioritarias del SLN. • La hidrodinámica es una característica clave que podrá indicar los sitios problemáticos de la circulación del agua, y dónde sería prioritario incorporar medidas de mitigación. Es evidente que de alguna forma habrá que aumentar la circulación del agua para reducir su tiempo de residencia. • El programa de monitoreo será el instrumento que permitirá observar los cambios tanto positivos como negativos de las actividades derivadas de la construcción y operación del puente de Nichupté. <p>Los estudios de línea base para metales pesados y contaminantes (físicoquímicos, nutrientes, cafeína y clorofila) realizados a la calidad del agua del SLN que forma parte del SAR realizados para el presente estudio (██████████) y que potencialmente son generados por la operación de muelles, vertidos de aguas residuales, combustibles y aceites de operadores náuticos, combustibles de vehículos automotores y desechos de obras hoteleras y comerciales, permiten concluir que:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Los mayores niveles de Al, Cd y Ni registrados en el SLN son en la zona adyacente a Tajamar. Los niveles no rebasan el valor de daño crónico ni agudo los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008). • En el caso del Pb, se registran niveles altos en la ZIA y el SAR del proyecto. Sin embargo, se encuentran por debajo de la concentración de daño crónico y agudo a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008) y por debajo de los límites establecidos por la NOM-001-ECOL-1996 para explotación pesquera o recreación. • Se tuvo registro de Sn en el SLN en la ZIA y en la Laguna Bojorquez y norte de la laguna (sitios 1, 2, 3, 8, 12, 15, 16 y 17). Al respecto se debe destacar que no existe un valor normado o recomendado para este elemento en agua salobre/marina. • Se tuvo registro de Va en la ZIA y el SAR. Sin embargo, los niveles detectados, no rebasan los niveles de concentración de daño crónico a estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008). • Aunque no hay valores recomendados, se registraron concentraciones de hidrocarburos alifáticos. Las mayores concentraciones se registraron en la ZIA del proyecto. • Los mayores valores de concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos de todo el SAR se registraron en la ZIA. Sin embargo, dichas concentraciones están por debajo de los límites considerados de daño agudo a los estadios tempranos de la biota (Buchman (2008). • Aunque no hay valores de referencia o de impacto a la biota. Los niveles de concentración de hidrocarburos totales, se registraron dentro de la ZIA. • En resumen, el estado ambiental actual del agua del SLN, respecto a metales selectos e hidrocarburos del petróleo es bueno.
Medidas para la mitigación del impacto	<p>Los objetivos y premisas establecidas por el proyecto se relacionan en la Tabla 2.4 del Capítulo 2. Uno de ellos es que el proyecto debe limitar todo tipo de contaminación durante su proceso de construcción, operación y mantenimiento. Para prevenir o mitigar el impacto que pudieran generar contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas, la promovente contempla la aplicación de los siguientes Programas incluidos dentro del SGAS: Programa de Manejo Integral de Residuos, el Programa de Supervisión y Gestión Ambiental; además, otro programa que cobra especial relevancia para vigilar y en su caso implementar medidas correctivas es el Programa de Monitoreo, a través del Subprograma de Monitoreo Físico-Químico del Agua. Estos programas diseñaron observando el cumplimiento de las Leyes y Normativas aplicables y, en particular las NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-161-SEMARNAT-2011 y LGEEPA, LGPGIR, LAN, LVZMN.</p>

Impacto		Ag2. Resuspensión de sedimentos.						Factor afectado			Agua												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.39			Interacciones positivas			4			Interacciones negativas		6						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción						Operación y mantenimiento											
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Estudios geofísica y geotécnicos. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. 																	
Descripción del impacto		<p>Durante las etapas de preparación y construcción del Tramo 4, se utilizarán equipos y embarcaciones que dada la profundidad a la que estarán trabajando, podrán generar la resuspensión de sedimentos del fondo lagunar y con ello alterar temporalmente la transparencia del agua que derive en generar un impacto a los pastos marinos y al bento. El impacto tendrá una probabilidad media y será acumulativo pero temporal de mediano plazo y solo mientras dura el proceso de construcción del proyecto. El nivel del impacto será puntual (sólo en los frentes acuáticos de trabajo), dado que la promovente tiene considerado el uso de mallas anti dispersantes que impedirán que vayan más allá de estas y de la ZIA.</p>																					
		<p>Durante la etapa de operación del proyecto, es posible se generen escurrimientos de aguas pluviales desde el puente hacia el SLN. Estos escurrimientos pueden acarrear pequeños residuos sólidos o líquidos que alteren la transparencia del agua, sin embargo, este efecto se consideró despreciable por lo que no se incluyó como parte de este impacto ya que esto no generará la Resuspensión de los sedimentos. Además, esto se considera con una ocurrencia baja ya que está determinada por la aplicación de la medida preventiva que la promovente ha considerado para el proyecto, en el sentido que contempla un sistema de captación de drenaje pluvial para el puente que conducirá dichas aguas a un cárcamo para su acumulación y tratamiento correspondiente.</p>																					
		<p>Por las características descritas en los criterios técnico científicos empleados (Tabla 5.12), por la aplicación de las medidas de mitigación asumidas por el proyecto y por no comprometer la estructura y función de los ecosistemas y los bienes y servicios que estos generan, este impacto se considera no significativo.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Actualmente se desarrollan diferentes actividades náuticas en el SLN, que generan la Resuspensión de sedimentos, alterando con ello la transparencia del agua y generando también la deposición de sedimentos en zonas cubiertas por pastos marinos. Al respecto es importante destacar que este impacto es acumulativo y regional. Es importante que el sector náutico en coordinación con la SEMARNAT y la Dirección del ANP, realicen un Diagnóstico Ambiental para evaluar el nivel de impacto por la Resuspensión de sedimentos y los efectos a los pastos marinos, a efecto de definir e implementar las medidas de mitigación correspondientes.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Los objetivos y premisas establecidas por el proyecto se relacionan en la Tabla 2.4 del Capítulo 2. Uno de ellos es que el proyecto debe limitar todo tipo de contaminación y alteración a la estructura y función de los ecosistemas involucrados. Para prevenir o mitigar el impacto que puede provocar la Resuspensión de sedimentos en la ZIA, la promovente contempla la aplicación de medidas de control, a través de los siguientes Programas y Subprogramas: a) Programa de Manejo Integral de Residuos y b) Programa de Seguridad y Atención a Contingencias Ambientales. Y, se vigilará el cumplimiento de las regulaciones asociadas: a) NOM-002-SEMARNAT-1996, b) LAN, c) LVZMN"</p>

Impacto		Ag 3. Liberación de contaminantes retenidos en sedimentos.						Factor afectado			Agua												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia			0.39			Interacciones positivas			2			Interacciones negativas		2					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción						Operación y mantenimiento											
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. 						<ul style="list-style-type: none"> - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. 						-											
Descripción del impacto		<p>Durante las etapas de preparación y construcción de los Tramos 2 a 5, se tienen contempladas perforaciones para el hincado de los pilotes (Tramos 2 a 4) o la colocación de Tablestacas en el Tramo 5. Durante las actividades de perforación serán extraídos sedimentos de la zona de terrestre y lagunar. Una mala colecta y disposición accidental de estos sedimentos puede generar problemas de contaminación a la calidad del agua y a los ecosistemas involucrados en la ZIA y el SAR del proyecto. El impacto tendrá una probabilidad media y será acumulativo pero temporal de mediano plazo y solo mientras dura el proceso de construcción del proyecto. Por las características descritas en los criterios técnico científicos empleados (Tabla 2.4), por la aplicación de las medidas de mitigación asumidas por el proyecto y por no comprometer la estructura y función de los ecosistemas y los bienes y servicios que estos generan, este impacto se considera no significativo. Sin embargo, si las medidas de mitigación no se aplican apropiadamente, el nivel de impacto puede llegar a ser significativo, aunque su efecto será temporal.</p>																					
Calidad ambiental del factor afectado		<p>Estudios recientes en cuanto a contaminantes retenidos en sedimentos del fondo del SLN, revelan niveles de concentración importantes en cuanto a los siguientes metales pesados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buenfil-Rojas et al. (2018) mencionan la presencia de Hg en sedimentos en una concentración promedio de 0.23 ppm, la cual rebasa el valor de daño probable a la biota dado por la NOAA de EUA (Buchman, 2008) que es de 0.14 ppm. Por lo que de ser re suspendidos dichos sedimentos durante la fase de construcción podrían ocasionar un impacto en el sistema. <p>Los estudios de línea base para determinar los niveles de concentración de metales pesados e hidrocarburos en sedimentos de la ZIA y el SAR realizados para el presente estudio (PMC, 2021b), permiten concluir que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se registro Al en los sedimentos de la ZIA y el SAR del proyecto. La mayor concentración se registró en la zona de Tajamar y la parte central de la ZIA. Sin embargo, dicha concentración máxima no rebasa el valor de daño a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008). 																					

- Se registro As en sedimentos del SLN. Los máximos encontrados en el SAR se ubicaron en la ZIA, particularmente en registró la zona Tajamar. Dicha concentración máxima no rebasa el valor de daño a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008), pero se encuentra cercano a él, aunque aún no rebasa dicho valor.
- Se registro la presencia de Cd en los sedimentos del SAR. El máximo encontrado se ubica en la zona Tajamar. Sin embargo, la concentración no rebasa el valor de daño a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008).
- Se detecto la presencia de Hg también. La máxima concentración encontrada se ubica en la zona Tajamar y está cercana a la concentración de daño a los estados tempranos de la biota (Buchman, 2008), pero aún no rebasa dicho valor.
- Se detecto la presencia de Ni. La máxima concentración encontrada se ubica en la zona Tajamar y está cercana a la concentración de daño a los estados tempranos de la biota (Buchman, 2008), pero aún no rebasa dicho valor.
- Se registro Pb, Zn y Va en sedimentos del SAR. Las mayores concentraciones se ubican en la zona Tajamar, pero no rebasan el valor de daño probable a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008).
- En cuanto a hidrocarburos alifáticos en sedimentos, se registró la mayor concentración en la zona de Tajamar. No hay un valor recomendado para estos compuestos.
- En cuanto a la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos, las mayores concentraciones registradas en el SAR, se presentaron en la ZIA del proyecto. Sin embargo, están por debajo en al menos un orden de magnitud del valor señalado como de daño a los estadios tempranos de la biota (Buchman, 2008) y al menos un orden de magnitud por debajo de lo informado por Botello et al. (1986).
- Con relación a hidrocarburos totales, la mayor concentración en el SAR, se detectó en las zonas NO y SE de la ZIA. De acuerdo con el valor recomendado por la UNESCO (1976) de 10,000 mg/Kg en esta zona se rebasan.
- Referente a la vegetación de pastos marinos y manglares, se realizó la evaluación de niveles de concentración de Al, Ag, Cd, Hg, Ni, Pb, Sn y Va. Es importante mencionar que las mayores concentraciones se detectaron en la ZIA, particularmente en la zona de Tajamar.
- Para el caso de hidrocarburos alifáticos y totales en pastos marinos y manglares, se registró la mayor concentración en la ZIA del proyecto.
- Con relación a los hidrocarburos aromáticos policíclicos en pastos marinos y manglar, los registros más altos se presentaron en más la zona Tajamar.
- En resumen, el componente de mayor potencial de impacto son los sedimentos de la laguna por contener As, Hg, Ni e hidrocarburos totales que rebasan o están muy cercanos a los valores donde es probable generen daños a los estadios tempranos de la biota. Si estos elementos son liberados a la columna de agua durante la etapa de construcción del proyecto), pasarán a estar biodisponibles para el sistema biológico, lo que constituye un peligro potencial y un impacto negativo significativo.

Medidas para la mitigación del impacto	<p>Los objetivos y premisas establecidas por el proyecto se relacionan en la Tabla 2.2 del Capítulo 2. Uno de ellos es que el proyecto debe limitar todo tipo de contaminación y alteración a la estructura y función de los ecosistemas involucrados. Una mala colecta y disposición accidental de estos sedimentos en la zona lagunar, puede generar problemas de contaminación a la calidad del agua y a los ecosistemas involucrados en la ZIA y el SAR del proyecto. Para prevenir o mitigar la contaminación al agua por la liberación de sustancias tóxicas, la promotora contempla la aplicación de medidas de control, a través de los siguientes Programas: a) Programa de Supervisión y Gestión Ambiental (PSGA), b) Programa de Manejo Integral de Residuos (PMIR) y c) Programa de Seguridad y Atención a Contingencias Ambientales (PSACA); además, cobra especial relevancia el compromiso de la aplicación y seguimiento del d) Programa de Monitoreo Ambiental (PMA), para comprobar que no se genere algún efecto adverso por el desarrollo del puente y, en su caso. Implementar oportunamente las medidas de correctivas necesarias. Se vigilará el cumplimiento de las regulaciones asociadas: a) NOM-002-SEMARNAT-1996, b) LAN, c) LVZMN, d) LGPGIR</p>
---	---

c. Suelo

Impacto		S1. Pérdida de suelo.						Factor afectado			Suelo												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		S		Índice de incidencia		0.89			Interacciones positivas			10			Interacciones negativas		5						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción						Operación y mantenimiento											
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Trazo áreas de aprovechamiento permanente y temporal. - Delimitación áreas de aprovechamiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Acarreo de materiales. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Forestación y creación de áreas verdes. - Excavación en áreas de entronques y áreas de aprovechamiento temporal. - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). 						<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 											

<p>Descripción del impacto</p>	<p>A partir del análisis y evaluación de los impactos ambientales identificados para el proyecto, el impacto denominado como “Pérdida de suelo”, será de tipo puntual (Extensión:1) ya que sus alcances se limitarán al área de aprovechamiento. Este impacto derivará a consecuencia de actividades efectuadas principalmente durante las etapas de preparación y construcción, incidiendo directamente sobre el factor suelo (Consecuencia: 3); asimismo, cabe la posibilidad que al no llevar a cabo las medidas mitigación pertinentes este impacto se siga presentado aun después de la construcción incluso durante la operación. Para mayor claridad de la descripción de este impacto con respecto a sus implicaciones, se reconoce a este impacto de <i>pérdida del suelo como la pérdida del sustrato</i> para el desarrollo vegetación, asimismo como <i>perdida espacial de suelo como terreno</i> o bien a través del riesgo de <i>pérdida de suelo por erosión</i>.</p> <p>Pérdida de suelo como sustrato: Está se dará a partir del despalme y excavación para la conformación del terreno.</p> <p>Pérdida espacial de suelo: Este se dará por el establecimiento de obras y cambio en la utilización espacial del suelo, es decir, a partir de la ejecución de las obras en la parte terrestre; en áreas donde actualmente corresponden con superficies de suelo que son espacios de desarrollo y soporte para vegetación natural; por ende, este impacto se determinó como irreversible (Reversibilidad:3) y permanente (Duración:3).</p> <p>Riesgo pérdida de suelo por erosión: Este, cobra relevancia principalmente por el aprovechamiento temporal para la construcción del proyecto, tal como se manifestó en el Capítulo 2. Al respecto, se considera que posterior al aprovechamiento de áreas temporales, y de no ser debidamente restauradas, el suelo desnudo (libre de vegetación) quedará desprotegido con riesgos de erosión por procesos eólicos, hídricos e incluso por cuestiones de la marea al tratarse de terrenos que forman parte del Sistema Laguna Nichupté.</p> <p>Si bien, el impacto de pérdida de suelo es calificado como Significativo e Irreversible, es aquí donde este Proyecto cobra mayor relevancia, ya que: 1) delimitará las áreas de aprovechamiento temporal y permanente, restringiendo el impacto solo a estas áreas; b) compromete medidas de compensación de 1 a 58, es decir, por cada hectárea de afectación del Proyecto, se estará compensando con la rehabilitación de 58 hectáreas.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Si bien es difícil determinar la Calidad Ambiental del factor, considerando que el área de estudio se encuentra en un Sistema Ambiental Regional complejo y dinámico; para el desarrollo integral de este Proyecto se realizaron múltiples estudios realizados por especialistas que permitieron definir la LBA del SLN, siendo así un esfuerzo sin precedentes en el área. Los resultados de los mismos, están plasmados en el Capítulo 4 de esta MIA-R y en sus Anexos.</p> <p>En el estado de Quintana Roo, los suelos tienen su origen en la roca madre, en cuyas fracturas se acumula abundante arcilla y humus, permitiendo, debido a su fertilidad, el desarrollo de la vegetación. Estos suelos fértiles característicos de la región son de tipo Litosol, Regosol, Rendzina y Solonchak.</p>

	<p>El suelo alrededor de la Laguna Nichupté, es de tipo Solonchack, salinos por la influencia de agua salobre, de color oscuro en los márgenes y conforme se adentran, cambian a color gris a gris olivo en los interiores. Presenta un drenaje interno y superficial lento, con un elevado contenido de materia orgánica, son poco susceptibles a la erosión, no presentan carbonatos y tienen un PH ligeramente ácido.</p> <p>Los suelos Solonchak presentan un alto contenido de sal y se caracterizan por dar lugar a manglares, sabanas, petenes y selva baja caducifolia (Magallon, 2007).</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Con el fin de evitar la Pérdida de suelo como sustrato y como parte del Programa de Manejo Integral de Vegetación, se propone separar la capa superficial (orgánica) del suelo del resto del material de excavación, a fin de emplearlo como sustrato para las plantas rescatadas, o bien como aporte abonico en las áreas de conservación aledañas al proyecto.</p> <p>El proyecto ha sido diseñado considerando propuestas ingenieriles de vanguardia y lo menos invasivas para la naturaleza. Como se describió en el Capítulo 2, la vialidad será construida sobre pilas (sistema TopDown), los cuales evitarán que la capa asfáltica cubra la totalidad del suelo, lo que permitirá que el suelo siga brindado sus servicios ambientales y, en particular, el de la filtración o permeabilidad.</p> <p>Como bien se mencionó, el proyecto pretende el aprovechamiento temporal de áreas de apoyo para construcción del proyecto, las cuales serán debidamente restauradas a través de las actividades y prácticas de restauración ecológica a través del SRAAT. Además de la implementación de la medida de compensación a través del PRMAAM. En todo momento, se dará cumplimiento con lo establecido en la LGDFS y su reglamento.</p>

Impacto		S2. Compactación									Factor afectado			Suelo										
Valoración de Atributos del impacto																								
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación			Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1	
Significancia		D			Índice de incidencia			0.33			Interacciones positivas			3			Interacciones negativas		2					
Actividades generadoras del impacto por etapa																								
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento									
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). 									-									
Descripción del impacto		<p>La compactación se consideró como un impacto directo (Consecuencia: 3), y de tipo puntual (Extensión:1) ya que el proyecto en su mayoría será elevado sobre pilas de modo que las obras solo tendrán contacto con el suelo de manera puntual donde se encuentren las pilas de soporte.</p> <p>Durante la etapa de preparación y construcción, debido al aprovechamiento temporal, este impacto cobra relevancia, ya que por un lado se requiere de una superficie de 9.0138 ha que serán acondicionadas para los trabajos de maniobra, siendo niveladas y compactadas, además de que el constante tráfico de vehículos pesados, ligeros y semipesados contribuirán con la compactación. En ese sentido en el supuesto que las áreas de aprovechamiento temporal sean abandonadas sin previa restauración y vehículos, el suelo perderá propiedades permeables lo cual podrá detonar procesos de degradación del suelo más severos, como lo son la desertificación. Sin embargo, para evitar esto, El Proyecto prevé la rehabilitación de las áreas temporales a través del SRAAT para que, al término de su uso estas áreas sean recuperadas y mejoradas.</p>																						
Calidad ambiental del factor afectado		<p>La permeabilidad es una propiedad del suelo natural y de acuerdo con el tipo de suelo será su capacidad de infiltración. Considerando que el suelo brinda las condiciones que permiten que se desarrolle la vegetación natural y considerando que el área de estudio presenta vegetación en buenas condiciones de conservación, se concluye que la calidad del factor es buena.</p>																						

Medidas para la mitigación del impacto	Como bien se mencionó, el proyecto pretende el aprovechamiento temporal de áreas de apoyo para construcción del proyecto, las cuales serán debidamente restauradas a través de las actividades y prácticas de restauración ecológica, que deberán incluir le des compactación del suelo. Esto a través del SRAAT. Además, como parte de los Programas de Supervisión y Gestión Ambiental (PSGA), de Manejo Integral de Vegetación (PMIV) y Programa de Vigilancia Ambiental Externa (PVA), se corroborará que las obras se restrinjan a las áreas que han sido delimitadas para su aprovechamiento, de modo que se evite que la afectación se realice en sitios no definidos.
---	---

Impacto		S3. Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas.						Factor afectado			Suelo												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.39			Interacciones positivas			9			Interacciones negativas		11						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Forestación y creación de áreas verdes. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Excavación en áreas de entronques y áreas de aprovechamiento temporal. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Elaboración de concreto, trabes, ademes en Patio de Maniobra para tramos 1 a 5. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Construcción de cabezales y montaje de trabes. - Construcción de losa rodamiento. - Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos). 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Mantenimiento de la superestructura. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								

Descripción del impacto	<p>Durante las etapas de preparación y construcción, este impacto, se deberá al riesgo de contaminación por la presencia de obreros, quienes generarán residuos sólidos urbanos y residuos líquidos. Asimismo, se deberá al uso de aceites, combustibles y otras sustancias que pudieran derramarse y contaminar el suelo, las cuales son necesarias para el funcionamiento de la maquinaria y el equipo de construcción. Durante la etapa de operación este impacto se deberá a la generación de residuos por parte de los usuarios quienes pudieran desechar la basura a través de las ventanas de su vehículo o por materiales o residuos presentes sobre el asfalto. Las labores de mantenimiento de la vialidad también podrían ser fuente generadora de residuos, ya sea por los que se generen por las propias labores de mantenimiento o los residuos que los trabajadores del mantenimiento generen.</p>
Calidad ambiental del factor afectado	<p>La mala disposición de residuos sólidos es una problemática global, que sin duda está presente en el Sistema Ambiental Regional, esto por la alta presión turística en la Zona Hotelera de Cancún, sin mencionar la influencia del centro urbano de Cancún. Así mismo, en el propio Programa de Manejo del Área Natural Protegida Manglares de Nichupté, se menciona que:</p> <p><i>“En la porción poniente del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté, a la altura del kilómetro 7.5 del Boulevard Colosio, hacia el aeropuerto, existe un sitio que sirvió de banco de préstamo de materiales, el cual ha sido utilizado como un área de depósito de residuos sólidos, especialmente después del huracán Wilma en 2005 (CONANP, 2014⁷)”</i></p> <p>Por lo que se observa un detrimento en la calidad del suelo asociado a su contaminación por residuos sólidos urbanos, principalmente.</p>
Medidas para la mitigación del impacto	<p>Para prevenir este impacto durante todas las etapas del proyecto, se colocarán contenedores diferenciados para cada tipo de residuo sólido en las áreas públicas. Los residuos líquidos se manejarán adecuadamente según su origen y destino. Las cisternas de los baños portátiles serán vaciadas por empresas debidamente autorizadas y acreditadas para disponer de los residuos líquidos de manera adecuada. Durante la etapa de operación el proyecto se apegará estrictamente a los protocolos establecidos para la correcta disposición y manejo de los residuos. Lo anterior, a través del Programa de Manejo Integral de Residuos (PMIR). Y, en cumplimiento a la normatividad aplicable: a) NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012; b) LGEEPA y su reglamento en materia de residuos; c) LGPGIR; y d) LEEPA, entre otros.</p>

⁷ CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2014. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté. Recuperado de: https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/95_libro_pm.pdf

Impacto		S4. Contaminación por material de perforaciones a bancos de tiro							Factor afectado			Suelo											
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.61			Interacciones positivas			2			Interacciones negativas		1						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción						Operación y mantenimiento											
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. 						<ul style="list-style-type: none"> - Perforación y extracción de materiales para pilas. 																	
Descripción del impacto		<p>El proyecto, generará materiales de desecho derivados de las perforaciones, los cuales, si no son apropiadamente manejados y dispuestos en áreas debidamente destinadas para ello, podrían suponer una problemática para el suelo como medio de desarrollo de vegetación natural, ya que el material de desecho se trata de residuo inerte e infértil, además que, de acuerdo con los estudios realizados, estos sedimentos pueden presentar elementos potencialmente tóxicos [REDACTED]. Por lo tanto, este impacto podría presentarse si los materiales no son dispuestos correctamente en los sitios temporales de confinamiento destinados para tal fin y sin su posterior manejo.</p>																					
Calidad ambiental del factor afectado		<p>En los sitios de muestreo del suelo en el SAR no se identificó la presencia previa de este tipo de sedimentos ya que estos se encuentran en el fondo lagunar.</p>																					
Medidas para la mitigación del impacto		<p>En Capítulo 6 se describe el PMIR, que como parte de sus acciones se encuentra el correcto manejo y disposición de los lodos resultados de estas actividades de perforación. Se dará especial observancia a las NOM-161-SEMARNAT-2011 y NOM-052-SEMARNAT-2005.</p>																					

d. Fondo lagunar

Impacto		FL 1. Resuspensión y acarreo de sedimentos					Factor afectado					Fondo lagunar											
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia		0.61			Interacciones positivas			5			Interacciones negativas		6					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación					Construcción					Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Estudios geofísica y geotécnicos. 					<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Acceso y operación de barcazas. 					<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Recuperación de zonas afectadas de pastos marinos. 													
Descripción del impacto		<p>Durante las etapas de preparación y construcción, la operación se puede generar la Resuspensión de polvos y sedimentos sueltos en la parte terrestre; sin embargo, la razón de ser de este impacto se deriva de las actividades en la zona lagunar, por la maquinaria que estará trabajando en la laguna, así como por la perforación para el hincado del encamisado para el colado de las pilas. Sobre esto, se valoró que el impacto será acumulativo y temporal de mediano plazo y solo mientras dura el proceso de construcción del proyecto. El nivel del impacto será puntual (sólo en los frentes de trabajo) y no rebasará la ZIA, y considerando únicamente los Tramos que se construirá sobre la zona Lagunar (4).</p> <p>Por las características descritas en los criterios técnico científicos empleados, dadas la aplicación de las medidas de mitigación asumidas por el proyecto y por no comprometer la estructura y función de los ecosistemas y los bienes y servicios que estos generan, este impacto se considera no significativo.</p> <p>Ha sido ampliamente reportado que el Sistema Lagunar Nichupté-Bojorquez (SLNB) ha experimentado un consistente incremento en su carga de nutrientes, nitrógeno principalmente, siendo la laguna de Bojórquez la cuenca que ha recibido más impacto de eutrofización (Merino y Gallegos, 1986; Carruthers et al. 2005; Sánchez et al. 2013), con muy reducidos canales que la comunican al mar. El exceso de materia orgánica producido por descargas de aguas residuales se acumula en el sedimento generando condiciones anóxicas en muchas partes de la laguna. Estas condiciones tan pobres de calidad de agua, ocasionadas por los aportes excesivos de aguas residuales, están exacerbadas por la escasa circulación de la laguna, lo que es evidente incluso al analizar su geomorfología notoria que, dentro del sistema, la marea sufre una atenuación considerable, disminuyendo su amplitud en al menos la mitad. Por ejemplo, durante el periodo del 21 al 25 de abril, la marea se reduce de un rango aproximado de 0.22 m en Calinda, a rangos máximos de 0.8</p>																					

	<p>m dentro de la laguna. Estas atenuaciones son consistentes en otras regiones del SLN, y son parcialmente responsables por la disminuida circulación que se observa en la laguna y se encuentran estrechamente vinculadas a las mareas.</p> <p>Por estas condiciones, se considera que durante la fase de preparación y construcción el impacto es No significativo y atenuado por las medidas de control y mitigación como las mallas antidispersión y proceso constructivo que se utilizará. Por lo tanto, no tendrá un efecto sobre el factor más allá del ZIA. Sin embargo, en la etapa de operación y mantenimiento es necesario establecer un esquema de monitoreo que permita identificar si es que existen posibles afectaciones o cambios en la corriente a nivel de la ZID.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>La circulación en las bocas del SLNB muestra claramente que la boca sur presenta flujos persistentes de entrada al sistema con muy pocas y esporádicas inversiones, mientras que la boca norte tiene flujos de entrada y salida, funcionando como una puerta de intercambio con el mar circundante. Dentro del SLNB, en la cuenca central de Nichupté, las mediciones muestran velocidades bajas con promedios de 1 a 2 cm/s.</p> <p>El modelo numérico fue satisfactoriamente validado con las mediciones y muestra que las mareas pueden tener una influencia muy importante en el SLNB, generando velocidades > 0.2 m/s y máximas de 1 m/s en las angosturas de salida al norte.</p> <p>La importancia de los vientos en la circulación se incrementa para los vientos del NE, y ocurre durante los momentos de calma por mareas (slack water). Los vientos del SE y S tienden a generar circulación ciclónica (giros en sentido anti horario) en las cuencas de Nichupté, mientras que vientos del NE y NW invierten el sentido de los giros de circulación a anticiclónicos.</p> <p>Para poder estudiar el efecto de la posible acumulación de materiales y “contaminantes”, se realizó una modelación llenando toda la laguna con un “contaminante conservativo” que presenta una concentración hipotética y uniforme de 1%. La idea de este experimento es ver el efecto de la hidrodinámica en la dispersión y dilución del “contaminante conservativo”. Se muestran regiones donde el contaminante tiende a acumularse más en la modelación con puente. Aunque las concentraciones que quedan después de 24 hrs de simulación, son del orden de 1000 veces más pequeñas que la concentración inicial. Lo que implica que el puente en operación pueda tender a reducir la circulación hacia el norte del puente.</p> <p>Lo anterior se puede observar con más detalle en el Capítulo 4 de esta MIA-R, así como los estudios que lo sustentan y que se incluyen como Anexos de ese Capítulo.</p>

Medidas para la mitigación del impacto	<p>Durante el proceso de preparación y de construcción, se utilizarán embarcaciones denominadas chalanas, las cuales llevarán sobre sí la maquinaria necesaria para perforar, hincar las pilas y colocar las secciones carreteras. Para ello, durante el proceso de perforación se utilizará malla geotextil alrededor de la carcasa y de los sitios de perforación, para evitar Re suspensión de sedimentos. De igual manera el proceso de perforación considera la extracción del material de excavación, retiro y deposito en los sitios de tiro definidos por la autoridad. Cada pila tendrá su ademe o encamisado para evitar perdida de concreto y afectación al sistema natural por filtraciones. Lo anterior, a través del PMIR y el PSACA.</p> <p>Por otra parte, se propone que una vez en operación el proyecto se mantenga un estricto monitoreo de las condiciones hidrodinámicas vinculadas al proyecto para identificar y prevenir posibles afectaciones a las corrientes naturales en el sitio y por ende posibles concentraciones de contaminantes en sitios específicos, mediante el PMA.</p>
---	---

Impacto		FL 2. Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas									Factor afectado			Fondo lagunar									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia			0.39			Interacciones positivas			5			Interacciones negativas			6			
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Estudios geofísica y geotécnicos. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Acceso y operación de barcazas. 									<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Recuperación de zonas afectadas de pastos marinos. 								
Descripción del impacto		<p>Durante las etapas de preparación y construcción del proyecto, toda maquinaria que sea utilizada para operar en la Laguna o zonas adyacentes pasará por un proceso de verificación del supervisor ambiental para asegurarse que no existen ningún tipo de filtración de cualquier sustancia que pueda considerarse como contaminante. De igual manera toda la maquinaria que se utilice tendrá un proceso de mantenimiento continuo en los patios de resguardo, para asegurar el buen funcionamiento.</p> <p>Así mismo, no se prevé el uso de sustancias corrosivas o tóxicas durante el proceso de preparación, construcción, operación y mantenimiento del PVN. Aun cuando en el caso de la utilización de concretos para la construcción de la carretera, es importante mencionar que todos estos materiales estarán ya prefabricados y solo se transportarán para su colocación en la zona marina.</p> <p>En caso de derrame de combustibles o aceites por algún problema de mal funcionamiento de la maquinaria, se contará con equipos de rescate y control, es decir embarcaciones equipadas con barreras anti dispersantes y paños absorbentes, con lo cual se puede controlar inmediatamente cualquier posible derrame.</p> <p>En tal sentido, el impacto se considera no significativo, no acumulativo y no permanente, por lo que no se considera afectación en el SAR ni ZIA.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>El incremento de actividades y asentamientos humanos en la zona costera sin el correcto orden territorial ni los suficientes servicios para abastecer la demanda local, ha promovido la generación de aguas residuales y residuos sólidos urbanos que son incorrectamente tratados o dispuestos.</p> <p>Esta situación tiene como resultado la liberación al medio ambiente costero de elementos o sustancias cuyas características químicas propias o la concentración a la que se encuentran, constituye un peligro potencial para el ecosistema. Tal es el caso de la laguna de Nichupté, donde el exponencial desarrollo de la industria turística y la falta de sanitización adecuada del agua, junto con el incorrecto manejo de los residuos sólidos urbanos ha promovido la entrada de elementos y compuestos antropogénicos hacia el sistema, con consecuencias tales como la disminución de la calidad del agua, contaminación de sedimentos y probablemente daño a organismos.</p> <p>Entre estos elementos y compuestos, dos de los más relevantes por su alta toxicidad y daños a los estadios tempranos de los organismos son los elementos potencialmente tóxicos (denominados comúnmente metales) y los hidrocarburos del petróleo. Dado lo anteriormente mencionado, se llevó a cabo un estudio para identificar el estado ambiental actual de la laguna Nichupté con respecto a metales selectos (As, Al, Cd, Hg, Ni, Pb, Sn y V) y a hidrocarburos alifáticos, aromáticos policíclicos y totales en agua, sedimentos y componente biológico. Los resultados de este estudio se pueden consultar a detalle en el Capítulo 4 de esta MIA y sus Anexos.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Durante el proceso de preparación y construcción se realizarán las verificaciones necesarias de las maquinarias utilizadas, llevando un registro de bitácoras, donde se lleve el control de mantenimiento preventivo y reparaciones a los equipos y maquinarias a utilizar en el tramo 4 lagunar del proyecto. Esto dentro del marco del PSACA descrito en el Capítulo 6 de esta MIA-R.</p> <p>De igual manera, durante todo el proceso constructivo habrá un supervisor ambiental que este verificando el cumplimiento de estas disposiciones, bajo el PSGA.</p> <p>De igual manera deberán hacerse semestralmente monitoreos de calidad de agua e hidrocarburos basados en las siguientes normas: NMX-AA-051-SCFI-2016 para metales en agua, la NMX-AA-132-SCFI-2006 para el muestreo de sedimento, las NMX-AA-074-SCFI-2014, NMX-AA-073-SCFI-2001, NMX-AA-072-SCFI- 2001, NMX-AA-036-SCFI-2001 para la cuantificación de sulfatos, cloruros, dureza y alcalinidad respectivamente, Noreña, et.al, (2007) PAHs en sedimentos y Wade, et.al, (1988) para PAHs en agua y sedimentos. Esto se tiene contemplado dentro del PMA propuesto, de resultar autorizado el Proyecto.</p>

Impacto		FL 3. Liberación de contaminantes retenidos en sedimentos						Factor afectado			Fondo lagunar												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.50			Interacciones positivas			3			Interacciones negativas		5						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción						Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. 				<ul style="list-style-type: none"> - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Acceso y operación de barcazas. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Recuperación de zonas afectadas de pastos marinos. 													
Descripción del impacto		<p>Por un lado, durante las etapas de preparación y construcción del proyecto, toda maquinaria que sea utilizada para operar en la Laguna o zonas adyacentes pasará por un proceso de verificación del supervisor ambiental para asegurarse que no existen ningún tipo de filtración de cualquier sustancia que pueda considerarse como contaminante. De igual manera toda la maquinaria que se utilice tendrá un proceso de mantenimiento continuo en los patios de resguardo, para asegurar el buen funcionamiento.</p> <p>Asimismo, durante el proceso constructivo del tramo 4 lagunar, se considera el desarrollo del sistema constructivo "SemiTop-Down con JackUp o barcazas", este se implementará en el tramo del Cuerpo de Agua del puente, con una longitud de 6.72 km, siendo el tramo más largo del proyecto. Generalmente está formada por tres patas que soportan una cubierta flotante las cuales se fijan al fondo marino y la cubierta se desliza sobre ellas colocándose al nivel de la superficie del mar. Dicho sistema está delimitado por la profundidad de las aguas someras, controlando el acceso mediante medios marinos, cuyo tamaño y capacidad están restringidos. Cualquier embarcación propuesta debe de tener como máximo un Calado de 2 mts.</p> <p>Este proceso considera el hincado de las pilas a través de la colocación de ademes o encamisados que contengan los sedimentos o fondos marinos, los cuales en su caso serán recuperados, retirados del sitio y vertidos a sitios de tiro autorizados. De igual manera, las barcazas contendrán la Re suspensión de posibles sedimentos con mallas geotextiles.</p> <p>En tal sentido, siguiendo las recomendaciones anteriores el impacto se considera poco significativo, no acumulativo y no permanente, por lo que no se considera afectación en el SAR y ZIA.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>El incremento de actividades y asentamientos humanos en la zona costera sin el correcto orden territorial ni los suficientes servicios para abastecer la demanda local, ha promovido la generación de aguas residuales y residuos sólidos urbanos que son incorrectamente tratados o dispuestos.</p> <p>Esta situación tiene como resultado la liberación al medio ambiente costero de elementos o sustancias cuyas características químicas propias o la concentración a la que se encuentran, constituye un peligro potencial para el ecosistema. Tal es el caso de la laguna de Nichupté, donde el exponencial desarrollo de la industria turística y la falta de sanitización adecuada del agua, junto con el incorrecto manejo de los residuos sólidos urbanos ha promovido la entrada de elementos y compuestos antropogénicos hacia el sistema, con consecuencias tales como la disminución de la calidad del agua, contaminación de sedimentos y probablemente daño a organismos.</p> <p>Entre estos elementos y compuestos, dos de los más relevantes por su alta toxicidad y daños a los estadios tempranos de los organismos son los elementos potencialmente tóxicos (denominados comúnmente metales) y los hidrocarburos del petróleo. Dado lo anteriormente mencionado, se llevó a cabo un estudio para identificar el estado ambiental actual de la laguna Nichupté con respecto a metales selectos (As, Al, Cd, Hg, Ni, Pb, Sn y V) y a hidrocarburos alifáticos, aromáticos policíclicos y totales en agua, sedimentos y componente biológico.</p> <p>El componente de mayor potencial de impacto son los sedimentos de la laguna por contener As, Hg, Ni e hidrocarburos totales que rebasan o están muy cercanos a los valores donde es probable generen daños a los estadios tempranos de la biota. Si estos elementos son liberados a la columna de agua (especialmente durante la etapa de construcción del proyecto), pasarán a estar biodisponibles para el sistema biológico, lo que constituye un peligro potencial.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Durante el proceso de preparación y construcción se realizarán todos los esfuerzos necesarios para evitar que los lodos y sedimentos que se extraigan del proceso de excavación para el hincado de las pilas se queden en la laguna, es decir deberán ser extraídos del sitio y depositados en sitios de tiro adecuados y autorizados para ello, fuera de la laguna. Con ello se evitará que los metales pesados e hidrocarburos queden biodisponibles en el sistema Lagunar. Esto mediante la correcta aplicación del PMIR.</p> <p>De igual manera, a través del PSGA, se considera que durante todo el proceso constructivo habrá un supervisor ambiental que este verificando el cumplimiento de estas disposiciones.</p>

	<p>Finalmente, al amparo del PMA, se propone realizar trimestralmente durante la etapa de construcción y semestralmente durante los primeros tres años de la operación monitoreos de calidad de agua e hidrocarburos basados en las siguientes normas: NMX-AA-051-SCFI-2016 para metales en agua, la NMX-AA-132-SCFI-2006 para el muestreo de sedimento, las NMX-AA-074-SCFI-2014, NMX-AA-073-SCFI-2001, NMX-AA-072-SCFI-2001, NMX-AA-036-SCFI-2001 para la cuantificación de sulfatos, cloruros, dureza y alcalinidad respectivamente, Noreña, et.al, (2007) PAHs en sedimentos y Wade, et.al, (1988) para PAHs en agua y sedimentos. En el 4to año, con base en los resultados que se obtengan y recomendaciones de los especialistas se evaluará la frecuencia y temporalidad más adecuada para dichos monitoreos.</p>
--	---

e. Geología

Impacto		G 1. Alteración física de estratos y estructuras geológicas						Factor afectado			Geología												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.67			Interacciones positivas			2			Interacciones negativas		3						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción						Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. 				<ul style="list-style-type: none"> - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. 																			
Descripción del impacto		<p>Durante la etapa construcción del proyecto, el impacto generado será de consecuencia directa ya que las 660 columnas piloteadas (en proporción de 3:1), serán hincadas hasta el sustrato rocoso, la ubicación final y su profundidad será determinada por el estudio de mecánica de suelos y geofísica que deberán ser realizados de manera previa a la construcción del Proyecto.</p> <p>Su impacto se calificó como no acumulativo ni sinérgico, ya que su afectación se dará de manera puntual sobre el sustrato rocoso en donde se coloquen las pilas, sin que esto suponga un riesgo en la estructura y función del sustrato rocoso del que forma parte.</p>																					
Calidad ambiental del factor afectado		<p>En la zona de estudio se presentan depósitos cuaternarios de arenisca poco consolidada, constituida principalmente por fragmentos de gasterópodos, pelecípodos, ostras y calcita de edad Pleistoceno (Qpt(?) Ar), estos se observan enfrente de la costa desde Punta Cancún hasta Punta Nizuc.</p> <p>Se realizaron estudios de geofísica en la ZII del Proyecto, a partir de los cuales se obtuvo como resultados que la conformación del material base del cuerpo lagunar, corresponde con el conocido para la península, esto es, una plataforma de materiales sedimentarios sometidos a intemperismos de disolución donde las rocas carbonatadas, principalmente calizas, generan un fenómeno conocido como karstificación que es el deterioro de la roca, formando porosidades que llegan a formar oquedades que se rellenan ya sea de materiales semi consolidados como suelo, raíces, etc. hasta solamente tener agua en su interior. Todo este fenómeno se presenta en la mayor parte de la zona continental y un poco en la zona oceánica.</p>																					

Medidas para la mitigación del impacto

La principal medida para la mitigación de este impacto se dará a partir del diseño final del Proyecto y previo a su construcción. Antes de comenzar con las actividades de construcción, se deberá realizar un estudio de mecánica de suelos que, en conjunto con el estudio de prospección geofísica, permitirán definir los sitios puntuales para la colocación de las pilas. En donde no se comprometan a las estructuras cársticas ni a la misma estructura del puente.

f. Acuífero

Impacto		Ac 1. Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas						Factor afectado			Acuífero												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.50			Interacciones positivas			6			Interacciones negativas		7						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Forestación y creación de áreas verdes. - Acarreo de materiales desde bancos de préstamo. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Elaboración de concreto, trabes, ademes en Patio de Maniobra para tramos 1 a 5. - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. 									<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								

<p>Descripción del impacto</p>	<p>Este impacto sobre el acuífero se consideró como negativo, de consecuencia directa, de efecto temporal y reversible ya que se podría generar principalmente durante las actividades de construcción, por la maquinaria y el personal de la obra; y asociado principalmente a la generación de residuos sólidos, líquidos y de manejo especial. Durante la preparación y construcción se espera la generación de residuos sólidos por la presencia de los trabajadores, en especial por el consumo de alimentos y por las actividades propias de la obra (desmante y despalde, acarreo de materiales, conformación de terraplenes, conformación de terraplenes y plataformas, etc.). Se espera que el tipo de residuos generados por los trabajadores sea papel, envolturas, empaques, contenedores de vidrio, cartón, aluminio, metal y plástico, y residuos orgánicos; y residuales; así como también materiales propios de la construcción tales como madera, fierro, concreto, plásticos, papel, cartón, entre otros. Que, de no disponerse en un sitio adecuado o destinado para tal fin, podrían representar en la contaminación del acuífero generado por la filtración de los lixiviados.</p> <p>Por lo que, el Proyecto desde su planteamiento, ha diseñado un SGSA que prevé la implementación de un PMIR mediante el cual regulará las actividades y vigilará el adecuado manejo de los residuos para evitar que se conviertan en una fuente de contaminación.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Debido al marco hidrogeológico característico de la península de Yucatán, y en particular de la costa de Quintana Roo, que corresponde con un sistema cárstico con conductos, cavernas y cenotes, es que cuenta con una permeabilidad muy alto; y, en consecuencia, es que el resultado es el de un acuífero muy vulnerable que recibe tanto descargas domésticas como industriales, provenientes del desarrollo urbano y turístico del área. La dinámica hidrológica en la planicie se resume de la siguiente forma, la península constituye la zona de recarga del acuífero regional y sus costas la zona de descarga del mismo; en la zona planicie de inundación de la cuenca emergida el drenaje de agua dulce continental se encuentra con el agua salobre marino-estuarina proveniente del SLN que penetra en tierra en forma de una cuña salina por la diferencia de densidades. En esta zona de interacción acuífero-laguna es donde se ubica la planicie de la cuenca expuesta, cuya hidrología está determinada por la dinámica del acuífero en épocas de secas y lluvias; y por la dinámica mareal diaria estacional (Capítulo 4). De esta forma, se puede observar que las descargas domésticas e industriales que están filtrándose al acuífero podrían estar desahogando en el SLN.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Como se ha indicado anteriormente, las principales medidas de mitigación de este impacto se llevarán a cabo a través del PMIR y sus Subprogramas especializados. Además, a través del PMA se propone la implementación de monitoreos que ayuden en vigilar la condición de los ecosistemas involucrados, antes, durante y después de la construcción del Proyecto. Estos Programas, atenderán el cumplimiento de la normatividad aplicable, tal es el caso de la: NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-161-SEMARNAT-2011, así como de la LGEEPA, LAN y LGPGIR.</p>

Impacto		Ac 2. Contaminación por lixiviados bancos de tiro						Factor afectado			Acuífero												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.56			Interacciones positivas			2			Interacciones negativas		2						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción						Operación y mantenimiento											
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Acarreo de materiales. - Construcción y operación del Patio de Maniobras. 																							
Descripción del impacto		<p>Este impacto se presentará durante la fase inicial del Proyecto ya que estará relacionado directamente con las actividades preparatorias que se realizarán en la parte terrestre. Este impacto está relacionado con el acopio y almacenamiento de las sustancias y materiales que serán requeridos durante la etapa de construcción. Que, de no contar con sitios debidamente adaptados para tal fin, podrían ocasionar un impacto directo sobre el suelo y, a su vez, estos filtrarse al acuífero (considerando las características de permeabilidad del mismo).</p> <p>Por tal motivo, es relevante que desde el inicio de la construcción se cuente con la identificación del sitio en donde serán acopiados los materiales y maquinaria, así como de las medidas de control que se llevarán a cabo. Para el caso particular del Proyecto se va a contar con el patio de maniobras ubicado aproximadamente a una distancia de 4Km del Puente (en su zona urbana) y corresponde con un predio que ya se encuentra impactado debido al uso que se le daba anteriormente a este espacio; este espacio será utilizado como patio de prefabricados. Es así que este impacto fue valorado como de extensión puntual, de duración temporal y no significativo.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Si bien, este impacto está vinculado al factor acuífero, es importante remontarnos a las condiciones del terreno sobre el que se encontrarán las obras motivo de este impacto.</p> <p>El Patio de Maniobras propuesto, se ubica en la zona urbana en un predio impactado propiedad del Gobierno del Estado. El predio cuenta con una superficie de 6.65 Ha. El terreno que será utilizado como patio de prefabricados se localiza en una franja conocida como “zona de sascaberas”. Como consecuencia de la explotación que presentaron estos terrenos, el nivel del terreno se redujo en aproximadamente 6 m y quedó expuesto el sustrato en forma de una plataforma rocosa con agrietamientos propios de procesos kársticos (Capítulo 2).</p> <p>Como consecuencia de la degradación provocada por la actividad extractiva en la mayor parte del predio, la regeneración natural de la vegetación es prácticamente imposible y la existencia de flora se limita a las oquedades existentes entre la superficie rocosa, es por ello que la mayor parte de la extensión se encuentra ocupada por especies herbáceas, arbustivas y suelo desnudo; siendo la mayoría de la flora que se ha establecido, especies colonizadoras que se adaptan al tipo de suelo presente. Solamente en el extremo este y sureste se mantuvo el suelo natural con cobertura de especies arbóreas, sin embargo, estas áreas no serán aprovechadas por el Proyecto.</p> <p>Adicionalmente, parte de la superficie se encuentra ocupada por las instalaciones de un auditorio que da hacia el frente de la avenida Colosio, particularmente, un estacionamiento y parte de la vía de acceso, ambos elementos pavimentados.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Para la mitigación de este impacto, se llevará acabo el control manejo de los materiales y sustancias requeridos para la construcción, así como de la maquinaria que se ubique en este Patio. El seguimiento y atención de estas medidas se llevará a través del Programa de Supervisión y Gestión Ambiental, Programa de Manejo Integral de Residuos y el Programa de Seguridad y Atención a Contingencias.</p>

g. Fauna terrestre

Impacto		Fa t 1. Pérdida de individuos									Factor afectado			Fauna terrestre									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		D		Índice de incidencia		0.33			Interacciones positivas			12			Interacciones negativas		4						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Trazo áreas de aprovechamiento permanente y temporal. - Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Forestación y creación de áreas verdes. - Acarreo de materiales desde bancos de préstamo. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Operación superestructura. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								
Descripción del impacto		<p>Este impacto se generará durante las etapas de preparación y construcción debido a que las especies de fauna serán ahuyentadas por la presencia y actividades humanas, lo que provocará pérdida de individuos en el área del proyecto. De manera directa, el desmonte y despalme de la vegetación podrá afectar individuos de especies de fauna que no hayan podido ser rescatados, ya sea porque vivan bajo tierra, sean de pequeño tamaño o de lento desplazamiento. De manera indirecta, esta actividad implicará la pérdida de individuos de fauna nativa, que abandonarán el lugar pues dejará de contar con las características necesarias para ser habitado. El desmonte y despalme eliminará áreas de alimentación, refugio, reproducción y descanso para la fauna local, especialmente anfibios, reptiles y mamíferos pequeños.</p>																					

	<p>Durante la etapa de construcción, las diferentes actividades que se llevarán a cabo afectarán directamente a la fauna local ya que la presencia del personal en la obra ahuyentará a las especies, particularmente a las más sensibles, lo que impedirá que el área sea colonizada nuevamente. Así mismo existe la posibilidad de que los trabajadores dañen accidental o intencionalmente a individuos de cierto tipo de fauna, por considerarlas peligrosas, comestibles o de alguna otra utilidad.</p> <p>Debido a que la pérdida de individuos de especies es quizá una de las principales problemáticas ambientales que se registran a nivel local y regional, originado por diversas causas, entre ellas las derivadas de las actividades antropogénicas, es por lo que este impacto fue considerado como acumulativo.</p>									
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>De acuerdo con los resultados obtenidos del estudio de la caracterización ambiental de la fauna terrestre, tanto en la unidad hidrológica forestal (UHF) como en la zona de influencia directa del proyecto (ZID), el registro de especies se reporta como bajo, de manera particular para la zona de influencia directa relacionado con el tramo 5, no se identificó fauna presente en la zona.</p> <table border="1" data-bbox="535 626 1759 756"> <thead> <tr> <th>Área</th> <th>Número de especies</th> <th>Número de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UHF</td> <td>43</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>ZID</td> <td>24</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Conforme al estudio previamente mencionado, el bajo registro de especies es atribuido a la ubicación geográfica del proyecto, el índice del ruido por la cercanía de los desarrollos colindantes, así como de vialidades.</p> <p>De acuerdo a la información presentada es por lo que este impacto fue valorado como despreciable, al considerar que la afectación a la fauna será mínima, teniendo en cuenta que su registro tanto en la UHF como en el ZID fue considerado como escaso.</p>	Área	Número de especies	Número de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	UHF	43	2	ZID	24	2
Área	Número de especies	Número de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010								
UHF	43	2								
ZID	24	2								
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Para mitigar este impacto la promovente contempla la aplicación de diversas medidas de mitigación a través de la implementación de los programas de: Manejo y Gestión Social (PGS), el rescate y reubicación a través del Manejo Integral de Fauna (PMIF), Manejo Integral de la Vegetación (PMIV), prestando especial atención a los ejemplares enlistados bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, la LGEEPA y la LGVS. Aquí cabe hacer mención en particular del compromiso del Proyecto al proponer a través del Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar (PRMAAM) una medida compensatoria que consiste en la rehabilitación de una superficie de 306.6 ha en coordinación con la CONANP dentro del ANP SLN, lo que para este factor en particular cobra gran relevancia, ya que se van a recuperar y mejorar sitios que servirán como hábitats de mayor calidad y seguridad para la fauna.</p>									

Impacto		Fa t 2. Migración									Factor afectado			Fauna terrestre									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		D		Índice de incidencia		0.33			Interacciones positivas			10			Interacciones negativas		13						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Estudios geofísica y geotécnicos. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Forestación y creación de áreas verdes. - Excavación en áreas de entronques y áreas de aprovechamiento temporal. - Acarreo de materiales desde bancos de préstamo. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Construcción de cabezales y montaje de trabes. - Construcción de losa rodamiento. - Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos). 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Operación superestructura. - Mantenimiento de la superestructura. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Iluminación viaducto (Incidencia de luz solar). 								
Descripción del impacto		<p>El impacto de migración para el factor fauna terrestre fue valorado como despreciable, siendo resultado de casi todas las actividades previstas en el proyecto. En la etapa de preparación, está asociado principalmente a la pérdida de cobertura vegetal y por consiguiente la reducción de hábitats, sin embargo, se considera que no representa un impacto significativo neto a la diversidad y abundancia de fauna en la región, debido a la extensión y distribución de las áreas previstas para desmonte.</p> <p>En la etapa de construcción este impacto deriva principalmente por la presencia de personal y la maquinaria para la realización de las diferentes actividades. Durante la etapa de operación y mantenimiento podría ser generada por el curso propio de los vehículos y la iluminación del puente. Estas actividades, de ambas etapas, evitarán que diversas especies de fauna recolonizen el sitio.</p>																					

	<p>Este impacto del es considerado temporal, pues si bien en un principio inducirá la movilización de la fauna hacia zonas adyacentes con vegetación en buen estado de conservación y con menor movimiento que en el sitio donde se encontrarán las actividades humanas, una vez finalizado el proyecto se considera que la fauna gradualmente regresará a los espacios que el proyecto prevé sean recuperados como áreas naturales, y que previamente fueron ocupados por la maquinaria, equipo y personal en lo que respecta a las áreas temporales de aprovechamiento; por otro lado, con las medidas de compensación de la Rehabilitación de una superficie de 306.6 ha dentro del ANP SLN en coordinación con la CONANP (PRMAAM) así como de la donación de 305.85 ha del Gobierno del Estado en favor de la SEMARNAT; se asegura el mantenimiento y creación de nuevos hábitats para la fauna.</p>									
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>De acuerdo con los resultados obtenidos del estudio de la caracterización ambiental de la fauna terrestre, tanto en la unidad hidrológica forestal (UHF) como en la zona de influencia directa del proyecto (ZID), el registro de especies se reporta como bajo, de manera particular para la zona de influencia directa relacionado con el tramo 5, no se identificó fauna presente en la zona.</p> <table border="1" data-bbox="506 626 1730 753"> <thead> <tr> <th>Área</th> <th>Número de especies</th> <th>Número de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UHF</td> <td>43</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>ZID</td> <td>24</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Conforme al estudio previamente mencionado, el bajo registro de especies es atribuido a la ubicación geográfica del proyecto, el índice del ruido por la cercanía de los desarrollos colindantes, así como de vialidades.</p> <p>De acuerdo a la información presentada es por lo que este impacto fue valorado como despreciable, al considerar que la afectación a la fauna será mínima, teniendo en cuenta que su registro tanto en la UHF como en el ZID fue considerado como escaso.</p>	Área	Número de especies	Número de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	UHF	43	2	ZID	24	2
Área	Número de especies	Número de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010								
UHF	43	2								
ZID	24	2								
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Para mitigar este impacto la promovente contempla la aplicación de diversas medidas de mitigación y compensación a través de la implementación de los programas de: Manejo y Gestión Social, Manejo Integral de Fauna, Manejo Integral de la Vegetación y el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar.</p>									

h. Fauna lagunar

Impacto		Fa I 1. Pérdida de individuos						Factor afectado			Fauna lagunar												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad		Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión			
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		D		Índice de incidencia		0.22		Interacciones positivas			8			Interacciones negativas		2							
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción						Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Trazo áreas de aprovechamiento permanente y temporal. - Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 				<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. 						<ul style="list-style-type: none"> - Operación superestructura. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 													
Descripción del impacto		<p>Durante las fases de preparación y construcción de las actividades de delimitación, desmonte y despalme, así como por las estructuras de contención que se colocarán del lado del entronque en la Zona Hotelera que serán ocupados posteriormente por las obras temporales o permanentes, serán las principales afectaciones, en este caso en particular sobre el ambiente lagunar, debido a la pérdida puntual de sitios de distribución de la fauna. El impacto no será acumulativo o sinérgico debido a que actualmente no se están realizando otras actividades constructivas en la laguna. Con respecto a la temporalidad, en este caso se considera largo, teniendo en cuenta que durará hasta que concluya la etapa de construcción; una vez concluido el proceso constructivo, la fauna podrá colonizar nuevamente, en un periodo corto de tiempo y de forma natural el área, ya que este impacto se concentra únicamente en los frentes de trabajo. Por tal motivo, también se considera que su impacto será reversible; esto podrá ser evaluado a partir de los estudios de monitoreo que se realizarán como parte del SGAS comprometido para el Proyecto.</p>																					

	<p>Dadas las características descritas en las diferentes etapas del Proyecto, por no comprometer la estructura y función de los sistemas acuáticos y los bienes y servicios que estos prestan, no habrá afectaciones en el hábitat que deriven en la pérdida de los individuos de fauna lagunar, así como por las medidas de prevención, mitigación y compensación contempladas, es que se considera un impacto despreciable.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>En los estudios realizados de fauna, no se reportó la presencia de macrofauna en el cuerpo lagunar, tales como el cocodrilo de pantano o cocodrilo moreletii, (<i>Crocodylus moreletii</i>), o el caimán de anteojos, caimán de concha o cocodrilo de río (<i>Crocodylus acutus</i>), considerados como depredadores tope dentro del cuerpo lagunar, sin embargo, ambas especies están reportadas dentro del Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté y están reconocidos por la NOM-059-SEMARNAT-2010 como especies en la categoría de Amenazadas. La información disponible, de grupos que realizan monitoreos periódicos de estas especies en el SLN en coordinación con la CONANP, señalan que la densidad de organismos ha ido a la baja, registrándose menos avistamientos de organismos adultos.</p> <p>No se descarta la presencia de algún individuo en la cuenca norte asociada con el proyecto, sin embargo, las posibilidades son bajas y al tratarse de organismos con una buena movilidad, no se considera que resulten afectados de manera permanente, por el contrario, con la implementación de las medidas de compensación se mejorarán y crearán hábitats para su desarrollo.</p> <p>Por otro lado, se pueden encontrar peces asociados a los pastos marinos. Donde la especie <i>Gerres cinereus</i> fue la de mayor distribución, presentándose en tres ambientes como especie dominante, seguida por la especie <i>Sphoeroides testudineus</i> la cual se registró en dos ambientes, dominando en las Praderas de <i>Thalassia testudinum</i> (PTt) y siendo abundante en el ambiente de <i>Pastizal mixto</i> (Pmix). Las especies <i>Eucinostomus melanopterus</i>, <i>Haemulon flavolineatum</i> y <i>Urobatis jamaicensis</i> solo tuvieron presencia en un ambiente</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Para mitigar el impacto, se ha conformado el Programa de Manejo Integral de la Fauna, cuyo subprograma de Manejo y Rescate de Fauna tiene dentro de sus objetivos reubicar las especies de fauna de lento desplazamiento que se hallen en la ruta del Proyecto, para prevenir la afectación a los organismos que pudieran estar presentes. De igual manera, en el Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad cuenta con varios programas que abordarán desde diferentes aspectos, la vigilancia de las actividades para que estas se realicen de la forma correcta; previo al inicio de obra, todo el personal que participe en los diferentes frentes de trabajo recibirá capacitación ambiental y conocerá las restricciones asociadas, con la finalidad de prevenir impactos. Por otro lado, en el Programa de Monitoreo Ambiental y su Subprograma de Monitoreo del Sistema Lagunar y Biota Acuática, se evaluará la reincorporación paulatina de la fauna una vez que el Proyecto haya concluido. Considerando que son múltiples los factores y actores que han propiciado la contaminación del Sistema Lagunar Nichupté, el Proyecto, facilitará la comunicación entre los diferentes sectores y niveles de gobierno con la finalidad de generar acciones que mejoren su calidad ambiental.</p>

Impacto		F I 2. Migración									Factor afectado			Fauna lagunar									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		D		Índice de incidencia		0.22			Interacciones positivas			7			Interacciones negativas		12						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Estudios geofísica y geotécnicos. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Construcción de cabezales y montaje de traves. - Construcción de losa rodamiento. - Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos). - Acceso y operación de barcazas. - Instalaciones barreras antidispersión. 									<ul style="list-style-type: none"> - Operación superestructura. - Mantenimiento de superestructura. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Iluminación viaducto (Incidencia de luz solar). 								
Descripción del impacto		<p>Durante las fases de preparación y construcción del Proyecto, se llevarán a cabo las principales actividades que podrán ocasionar impacto sobre la fauna lagunar, y en particular por las actividades en el Tramo 4 que se desarrollará sobre el sistema lagunar. Tienen que ver con actividades que modifiquen el movimiento habitual en la columna de agua debido a la presencia de las barcazas y a todo el proceso que conlleva la colocación de las pilas y la colocación de las barreras anti dispersión lo que ocasionará el desplazamiento de la fauna acuática de forma local y temporal.</p>																					

	<p>La perturbación de la fauna será local, está asociada a los frentes de obra a lo largo del Tramo 4 y en una superficie muy cercana al trazo del Proyecto, por lo que se considera que, con la adecuada aplicación de las medidas de contención, los efectos sobre la fauna se reducirán al mínimo. El proceso constructivo por el que se ha optado en el Tramo 4, tiene la finalidad de disminuir la afectación del entorno, al ser montado de arriba hacia abajo y con la colocación a la par de lo que conformará la superficie de rodamiento, por lo que, la condición original del ambiente acuático asociado con el proyecto retornará progresivamente a su estado antes de la alteración. Con respecto a los efectos de la sombra proyectada por el puente, al no ser fija, se espera que no haya un efecto negativo en la fauna, la iluminación artificial estará concentrada en la superficie de rodamiento y no fuera de estas.</p> <p>De acuerdo con los resultados del estudio de biota acuática, en la cuenca norte (donde se concentra el Proyecto), se registró una baja presencia de fauna con respecto a registros de algunas décadas atrás. No se considera acumulativo ni sinérgico, puesto que conforme el proceso constructivo avance, paulatinamente terminarán algunas de las actividades generadoras de impacto, varias de las cuales tomarán pocos días para su realización. Será reversible considerando que la mayoría de las actividades terminarán con el proceso constructivo y la fauna podrá retornar progresivamente a las áreas antes alteradas. El nivel del impacto será puntual (sólo en los frentes de trabajo) y no rebasará la ZIA. Por sus características descritas en los criterios técnico científicos empleados, por la aplicación de las medidas de mitigación que compromete el proyecto y por no comprometer la estructura y función de los ecosistemas y los bienes y servicios que anti dispersión estos generan, este impacto se considera despreciable.</p> <p>Para evaluar la respuesta de la fauna, se llevarán a cabo monitoreos periódicos realizados por especialistas.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>No se reportó la presencia de macrofauna en el cuerpo lagunar, sin embargo, las especies de <i>Crocodylus moreletii</i> (cocodrilo de pantano o cocodrilo moreletii), y <i>Crocodylus acutus</i> (cocodrilo de río) están reportadas dentro del Programa de Manejo del APFFMN y están reconocidos por la NOM-059-SEMARNAT-2010 como especies en la categoría de Amenazadas. La información disponible, de grupos que realizan monitoreos periódicos de estas especies en el SLN en coordinación con la CONANP, señalan que la densidad de organismos ha ido a la baja, registrándose menos avistamientos de organismos adultos.</p> <p>Por otro lado, se pueden encontrar peces en el necton.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Para mitigar el impacto se ha propuesto el Subprograma de Manejo y Rescate de Fauna, dentro del Programa de Manejo Integral de la Fauna y el Subprograma de Monitoreo del Sistema Lagunar y Biota Acuática que, entre sus acciones contemplan la reubicación de la fauna de lento desplazamiento, así como, coadyuvar con la CONANP para el monitoreo de cocodrilos, que, aun cuando no fue reportada la presencia de ningún individuo en los estudios de LBA, están presentes en el SLN y se reconocen como especies clave que ayudan a mantener abiertos algunos canales de marea en el manglar. Además, de forma indirecta se contemplan repercusiones positivas con la implementación del PMAAM que busca mejorar la calidad ambiental y los servicios ecosistémicos del manglar.</p>

i. Paisaje

Impacto		Pa1. Fragmentación									Factor afectado			Paisaje									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		S		Índice de incidencia		1.00			Interacciones positivas			9			Interacciones negativas		13						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Trazo áreas de aprovechamiento permanente y temporal. - Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Forestación y creación de áreas verdes. - Excavación en áreas de entronques y áreas de aprovechamiento temporal. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Construcción de casetas, edificio administrativo y de servicios. - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Construcción de cabezales y montaje de traveses. - Construcción de losa rodamiento. 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Iluminación viaducto (Incidencia de luz solar). - Operación superestructura. 								

<p>Descripción del impacto</p>	<p>Como preámbulo a este impacto se destaca el hecho de que el desarrollo de la ciudad de Cancún y en particular de su Zona Hotelera, se ha caracterizado en los últimos 20 años (2000-2020) por un crecimiento acelerado en el sector vivienda, residencial y hotelero. Por ende, existe una demanda creciente de infraestructura y servicios suficientes y adecuados.</p> <p>De acuerdo con CONABIO (2022) la fragmentación se refiere al proceso por el cual un tipo de cobertura en un sitio determinado comienza a perder superficie, pudiendo llegar a disgregarse y convertirse en islotes. De manera general puede decirse que, a mayor fragmentación del paisaje su integridad disminuye, lo que afecta su estructura. Esto a su vez mantiene una relación con la conectividad del paisaje, que resulta fundamental para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas del paisaje. La fragmentación de paisaje tiene el potencial de afectar el régimen de infiltración y escorrentía, el ciclaje de nutrientes, el microclima, las características del suelo y de fomentar la reducción o desplazamiento de poblaciones (Mas & Correa, 2000). Existen diversas técnicas para determinar si un paisaje está fragmentado, cuyo eje común es el análisis visual de la cobertura en el sitio de interés. Por otro lado, se reconoce que una de las estrategias más eficientes para evitar la fragmentación del paisaje es la planificación y planes de manejo que fomenten la conectividad del paisaje (CONABIO, 2022).</p> <p>Este impacto será producido por las actividades en la etapa de preparación que implican el desmonte y despalme, así como en la construcción por la presencia de maquinaria y los procesos constructivos (excavación en áreas de entronques y áreas de aprovechamiento temporal, conformación de terraplenes, conformación de terraplenes y plataformas, etc.). En el caso de la etapa de operación y mantenimiento este impacto será ocasionado ya de manera permanente, por la propia estructura del puente, así como por su iluminación nocturna y la operación de la misma.</p> <p>En general respecto a las actividades que producirán el impacto puede decirse que se trata de aquellas vinculadas con una discontinuidad visual ya sea por la presencia de maquinaria o por la sustitución por las estructuras del proyecto, que constituirán un nuevo elemento paisajístico dentro del SLN. El proyecto plantea la construcción y operación de una vialidad urbana de 8.80km de longitud y un ancho de tablero de 14.9m, subdividido en 5 tramos. Se suspenderá sobre pilas en una sección terrestre y una sección lagunar, conectando la zona urbana con la Zona Hotelera. Contempla también dos entronques. Respecto al contexto en el que se pretende inserta el proyecto, como se ha identificado en el capítulo 4, el Proyecto quedará enmarcado por un paisaje dominado por: a) el cuerpo lagunar en 4,819.53 ha del SAR (entre otros, contiene praderas de pastos marinos y algas), b) Una Planicie nivelada de antiguos cordones litorales con manglar (3,562.35 ha del SAR), y c) modelado antrópico (1,099.43 ha del SAR).</p> <p>Este impacto se evaluó como significativo ya que es irreversible porque las estructuras tendrán una vida útil de 30 años, por la creación de un elemento adicional en el paisaje y a que la pérdida de continuidad entre los ecosistemas naturales no podrá evitarse en algunas zonas.</p>
---------------------------------------	--

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Actualmente en el SAR (9,976.69 ha) del proyecto está conformado por el Sistema Laguna Nichupté (SLN) compuesto por el cuerpo lagunar, los humedales asociados, remanentes de selva y franja arenosa que colinada con el mar Caribe. Si bien el SLN formó parte de un complejo sistema de humedales costeros, progresivamente con el desarrollo del Centro Integralmente Planeado “Cancún”, a principios de los setenta comenzó su fragmentación. Por lo anterior, actualmente el SLN tiene límites físicos de origen antrópico.</p> <p>Se han identificado a nivel del SAR seis unidades de paisaje: modelado antrópico, planicie de inundación con manglar, planicie nivelada de antiguos cordones litorales con manglar, planicie ondulada de cordones litorales, planicie transicional y praderas de pastos marinos y algas. El proyecto propuesto, se desarrollará solo en una fracción del SAR (Subunidad Norte), que limita con el Blvd. Kukulcán, la Subunidad Centro del SAR, la carretera federal 307 y el Mar Caribe. En esta subunidad predominan los usos de praderas y pastos marinos y algas, planicie nivelada de antiguos cordones de litoral con manglar y modelado antrópico. La superficie total de esta subunidad es de 3,276ha de las cuales se considera que el proyecto transformará de formar directa (ZID, Subunidad Norte A del SAR) 10.62 ha (correspondiente al 0.11% del SAR).</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Como parte del diseño integral del Proyecto, se proponen una serie de medidas tendientes no solo a reducir el efecto de los impactos que el Proyecto podría ocasionar al mínimo, si no ha generar un impacto neto positivo. Lo anterior, respecto a este impacto en particular, se logrará, partiendo de los siguientes Programas que contienen acciones de prevención y mitigación: a) PMIV, b) PSGA, y el c) PMA. Además, el impacto neto positivo se logrará a través de las medidas contenidas en: a) SRAAT, mediante el cual se reforestarán las áreas utilizadas como aprovechamiento temporal por el Proyecto; así como en el b) PRMAAM, a través del cual, en coordinación con la CONANP y como medida compensatoria, se buscará la rehabilitación y mejoramiento de una superficie de 306.6 ha de manglares dentro del ANP Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté preferentemente en las áreas donde el manglar se encuentra degradado o muerto (██████████), mejorando con ello el valor paisajístico del Sistema en general. Todos los anteriores, contenidos en positivo el Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad del Proyecto (véase capítulo 6).</p>

Impacto		Pa2. Modificación de ambientes naturales					Factor afectado					Paisaje											
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		S			Índice de incidencia		1.00			Interacciones positivas			9			Interacciones negativas		13					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación					Construcción					Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Trazo áreas de aprovechamiento permanente y temporal. - Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmonte y despalde (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 					<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Forestación y creación de áreas verdes. - Excavación en áreas de entronques y áreas de aprovechamiento temporal. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Construcción de casetas, edificio administrativo y de servicios. - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Construcción de cabezales y montaje de trabes. - Construcción de losa rodamiento. 					<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Iluminación viaducto (Incidencia de luz solar). - Operación superestructura. 													
Descripción del impacto		Este impacto se refiere a la potencial afectación de elementos o funciones de los ambientes naturales del SAR por la preparación, construcción y/u operación y mantenimiento del proyecto. Una manera eficiente de evitar la Modificación de ambientes naturales es en primer lugar, caracterizándolos y en segundo, contar con un Sistema de Manejo Ambiental.																					

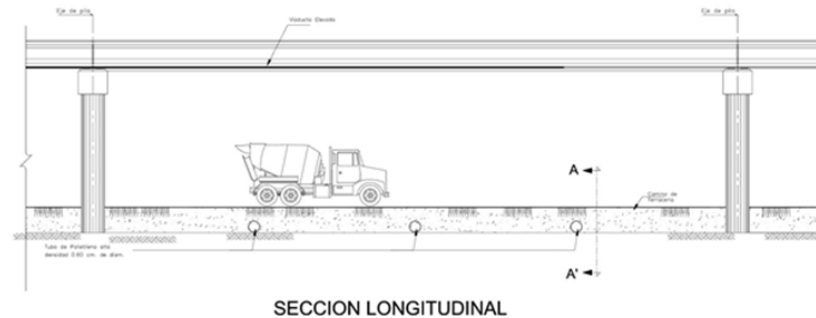
	<p>Por lo tanto, a este impacto se le vincula con las actividades de desmonte y despalme, así como de construcción por la presencia de maquinaria y los procesos constructivos (excavación en áreas de entronques y áreas de aprovechamiento temporal, conformación de terraplenes, conformación de terraplenes y plataformas, etc.). En el caso de la etapa de operación y mantenimiento este impacto será producido por las obras de tipo permanente, particularmente con sus actividades de iluminación viaducto y la operación de la superestructura.</p> <p>Este impacto se evaluó como significativo ya que, es irreversible ya que las estructuras tendrán una vida útil de 30 años y a que la pérdida de continuidad entre los ecosistemas naturales no podrá evitarse en algunas zonas. Principalmente en el área de entronques. En el sistema lagunar se considera que la estructura no modificará el ambiente natural, ya que, si bien será un elemento adicional para el paisaje a lo existente en la actualidad, al ser modelado en su totalidad sobre pilas, la afectación será puntual de modo que no modificará a la unidad del paisaje lagunar (parches de pastos marinos y algas)</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>El SAR del proyecto tiene una fuerte influencia antrópica, por lo que tal como se describió en el Capítulo 4, existen procesos, funciones y dinámicas ecosistémicas en interacción con los procesos y dinámica antrópica. Al interior del SAR la cobertura vegetal tiene buen estado de conservación; sin embargo, el cuerpo lagunar y sus ecosistemas asociados han perdido cobertura vegetal al ser reemplazados gradualmente por infraestructura hotelera y servicios.</p> <p>Respecto a la zona lagunar, de acuerdo a los estudios de calidad del agua presentados como anexos del Capítulo 4, al interior del cuerpo de agua se identifican una serie de contaminantes y nutrientes, que en algunos casos rebasan lo permitido y, en otros, en niveles que representan un riesgo para los organismos que ahí habitan.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Para asegurar la no modificación de los ambientes naturales, se propone implementar las medidas del PMIV para delimitar las áreas de trabajo, y con su debido seguimiento a través de los PSGA y del PMA. Contenidos en el Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad del Proyecto (véase capítulo 6).</p>

j. Hidrología

Impacto		Alteración de hidrología superficial zona terrestre						Factor afectado			Hidrología												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		S		Índice de incidencia		0.94			Interacciones positivas			6			Interacciones negativas		5						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción							Operación y mantenimiento												
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. 				<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Forestación y creación de áreas verdes. - Excavación en áreas de entronques y áreas de aprovechamiento temporal. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado Tubos de acero (ademe). 							<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Operación superestructura. 												
Descripción del impacto		<p>Durante la etapa de construcción, este impacto será significativo, acumulativo y negativo y, se deberá a las actividades de despalme y conformación del suelo para habilitar los caminos temporales y áreas de maniobras de la maquinaria pesada (tramo 2 y 3), así como a las perforaciones necesarias para el hincado de los tubos de acero para el colado de pilas (tramo 3). Se considera un impacto con una extensión local ya que la superficie que será alterada representa tan solo el 0.001% del SAR, además en donde se colocarán los terraplenes se colocarán pasos de agua a base de tubos de polietileno de alta densidad de 0.6 cm de diámetro cada 50 m a lo largo de las zonas de manglar evitando la interrupción del flujo hidrológico (Figura 5. 18).</p>																					

Figura 5. 20. Esquema de los pasos hidráulicos que se colocarán a lo largo de los caminos temporales del Proyecto que atraviesen zonas de manglar.

PASO HIDRAULICO



Por otra parte, los cimientos serán impactos puntuales de no más de 1.5 m² por pila, y se encontrarán separados entre sí por 30 metros a lo largo de la sección de la vía que pasa sobre manglar. De esta forma, aunque la microtopografía será modificada, por distribuirse en forma puntual y dispersa, los flujos hídricos superficiales continuarán de manera normal, ya que no se estará creando ninguna barrera lineal al paso del agua. Como medida de mitigación se propone disponer la materia orgánica y los sólidos generados por la excavación en un sitio adecuado alejado de la laguna con el fin de no modificar la microtopografía de sus márgenes y/ o el patrón de circulación del agua en otros puntos además de los estrictamente requeridos para la colocación de las pilas.

Por otro lado, este impacto también puede ser considerado como Positivo Significativo, por las actividades de Reforestación (SRAAT) que se realizarán en las áreas de aprovechamiento temporal, y principalmente por la medida de compensación correspondiente a la Rehabilitación y mejoramiento de 306.6 ha de manglar que actualmente se encuentre en un estado de deterioro; y que como parte de las medidas que se realizarán, se considera la rehabilitación hidrológica que permita la mejora del ecosistema y la recuperación o incremento de los servicios ambientales con respecto a los actuales. Esto en el marco del PRMAAM.

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>El área de estudio se localiza en la zona de influencia de la Región Hidrológica 32 que conforma la cuenca de Quintana Roo de régimen perenne, en cuya trayectoria sólo se integran arroyos intermitentes ya que la descarga es subterránea. Aunque en la zona no se presentan arroyos ni ríos, mediante un análisis de la configuración topográfica de la zona, se identificó que la zona de estudio tiene una pendiente topográfica baja, por lo que se considera como zona de inundación, y no existen cárcavas de cauces naturales.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Las medidas más relevantes para este impacto, son la preventivas, dentro de las cuales se considera la delimitación del área de aprovechamiento para evitar que los efectos se extiendan más allá de estas áreas, así como su correcta señalización. Estas actividades están incluidas dentro del PMIV. Por otro lado, para verificar que todas las medidas se estén realizando adecuadamente, se implementará en todo momento el PSGA. Si bien, en el área no se observan cauces naturales superficiales, en los terraplenes y camino temporal se colocarán pasos de agua a base de tubos de polietileno de alta densidad de 0.6 cm de diámetro cada 50 m a lo largo de las zonas de manglar evitando cualquier interrupción del flujo hidrológico.</p> <p>Para finalizar, se reiteran las medidas de mitigación y compensación que ejecutará el Proyecto a través del SRAAT y el PRMAAM.</p>

Impacto		Alteración corrientes zona lagunar					Factor afectado			Hidrología											
Valoración de Atributos del impacto																					
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad		Reversibilidad		Ocurrencia		Duración		Recuperabilidad		Extensión			
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	2	1
Significancia		S		Índice de incidencia		0.94		Interacciones positivas		2		Interacciones negativas		3							
Actividades generadoras del impacto por etapa																					
Preparación						Construcción						Operación y mantenimiento									
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. 						<ul style="list-style-type: none"> - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). 						<ul style="list-style-type: none"> - Operación superestructura. 									
Descripción del impacto		<p>Este impacto se consideró como, directo, acumulativo y sinérgico, calificado por su índice de incidencia como Significativo. Se deberá a la colocación de las pilas de cimentación que sostendrán la vialidad elevada. Estos apoyos estarán conformados por tres pilas de concreto de 1.5 m de diámetro, ubicados de forma equidistante a cada 30 m del eje del siguiente apoyo.</p> <p>Considerando el desarrollo de estas obras, era necesario realizar modelos de simulación para valorar el comportamiento de las corrientes y dispersión de sedimentos en el SLN (Anexo 4.5). Como resultado de dichos modelos no se apreciaron cambios significativos en las direcciones de las corrientes y, únicamente se observó una modificación en la magnitud de la velocidad de 0.02m/s. A partir de los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas se determinó que los procesos hidrodinámicos del SLN bajo las condiciones actuales y bajo el efecto del proyecto serán locales (en la zona aledaña a él, justo debajo, y hacia la boca norte entre la vaciante y la marea baja), y no tendrán influencia sobre el resto del sistema lagunar en cuanto a la alteración de patrones de corrientes. Ni tampoco tendrán una incidencia directa con respecto a las principales aportaciones/salidas de agua de la laguna, que son la boca norte y la boca sur.</p>																			
Calidad ambiental del factor afectado		<p>El SLN carece de corrientes superficiales, por lo que, está sujeto al agua pluvial que recibe durante la temporada de tormentas y huracanes. El estudio de hidrodinámica realizado para el Proyecto, es el primer estudio que se realiza en el SLN, el cual se hizo para medir <i>in situ</i>, las corrientes y el efecto que tiene el viento y la marea en las mismas.</p>																			

	<p>Con base en dicho estudio, se observó que el SLN está conectado con la zona marina por dos bocas, una al norte (Calinda) y otra al sur (Nizuc), a través de estas, se realiza el intercambio de agua marina, tal como se señaló en el estudio de hidrodinámica (Anexo 4.5); la boca sur es de entrada constante de agua marina y la boca norte es tanto de entrada como de salida, los diferentes cuerpos de agua cuentan con sus celdas de circulación de agua. Dentro del SLN, en la cuenca central, las mediciones muestran velocidades bajas de 1 a 2 cm/s. Las máximas velocidades ocurren en las angosturas de la boca norte durante la vaciante (1.1 m/s), seguido por velocidades de 0.8 m/s en las angosturas que dan hacia la laguna durante la llenante. En las calmas de marea (slack water en inglés) las velocidades más intensas se encuentran en las angosturas que comunican la cuenca central y la sur de Nichupté, presentando valores de hasta 0.4 m/s en la calma de marea baja. El hecho de que la circulación en la región sur sea invariante bajo todas las condiciones, es un indicativo de la gran influencia que tiene la circulación por la boca sur, la cual es persistentemente de entrada, como se midió durante el período reportado. Esto tiene influencia en toda la cuenca sur de Nichupté, generando circulación hacia el norte.</p> <p>Para fines del estudio del SAR, su superficie se dividió en tres subunidades (tal y como se describe en el Capítulo 4), el Proyecto se localizará en la Subunidad Norte. Al respecto, cabe señalar que el rasgo principal de esta subunidad en la porción acuática es la cuenca norte, reconocida en los estudios de batimetría del SLN, tiene una celda de circulación hidrodinámica bien definida que recibe influencia del Mar Caribe a través de la boca norte.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>La principal medida de mitigación de este impacto, es el propio diseño del Puente y los estudios que se realizaron en el SLN para conocer las condiciones actuales del Sistema. En primer lugar, su proceso constructivo reducirá la superficie de contacto de las obras y actividades que se realizarán en la laguna, por lo que en ningún momento representarán una barrera respecto a la dinámica lagunar; asimismo, la colocación de las columnas serán impactos puntuales de no más de 1.5 m² por pila, y se encontrarán separados entre sí por 30 metros, de manera que tampoco representarán una barrera que afecte la dinámica lagunar, la cual está regida principalmente por los efluentes de las bocas norte y sur.</p> <p>Adicionalmente, con el objeto de observar alguna alteración importante y, tomando en cuenta que las mediciones realizadas para el estudio de Hidrodinámica (Anexo 4.5) son las primeras realizadas para el área de estudio; se consideró necesario contar con un Subprograma de Monitoreo de la Hidrodinámica Laguna para evaluar cualesquiera cambios que pudieran presentarse en el patrón de las corrientes por la presencia de las pilas y realizar las medidas de control correspondientes.</p>

k. Manglar

Impacto		M1. Pérdida temporal de superficie					Factor afectado			Manglar													
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.56			Interacciones positivas			11			Interacciones negativas		2						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción						Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Trazo áreas de aprovechamiento permanente y temporal. - Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 				<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. 						<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 													
Descripción del impacto		<p>Durante las fases de preparación y construcción del Proyecto, se llevarán a cabo las actividades de delimitación, despalme y desmonte de áreas con vegetación (selva, humedal y humedal con manglar) para llevar a cabo las obras temporales y permanentes asociadas con el mismo. El impacto se considera acumulativo y sinérgico, teniendo en cuenta que el desarrollo de la Ciudad de Cancún en la periferia del sistema lagunar se dio sobre áreas con vegetación, entre ellas de manglar. Las actividades que implican la remoción de la vegetación se consideran temporales, de medio plazo y reversible, ya que se realizará paulatinamente, conforme avance el proceso constructivo, al no modificarse el régimen de inundación o hidroperiodo, una vez concluidas las fases de planeación y construcción no se realizará más remoción de vegetación y esta, podrá recolonizar de manera natural algunas áreas, otras, una vez que se haya restaurado la topografía original. El impacto será puntual (asociado con las obras temporales y permanentes) y no rebasará la ZIA.</p>																					

De manera particular, El Proyecto contempla una superficie de **aprovechamiento temporal en manglar** por la habilitación temporal de caminos y patios de maniobras para la construcción del Tramo 2 de **0.2848 ha**, y en **0.6270 ha** en **vegetación con presencia de mangle** (Figura 5. 21); asimismo, la **afectación directa** sobre el manglar prevista por la **colocación de los pilotes y los terraplenes** será de **0.0651 ha** y de **0.0110 ha** sobre **vegetación con presencia de manglar** (Figura 5. 22).

Figura 5. 21. Aprovechamiento temporal sobre manglar.

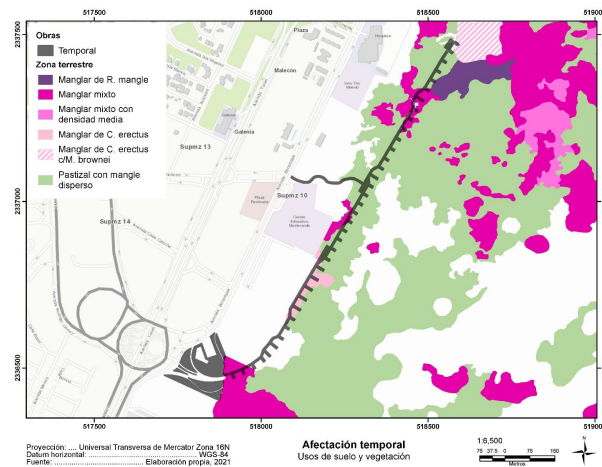
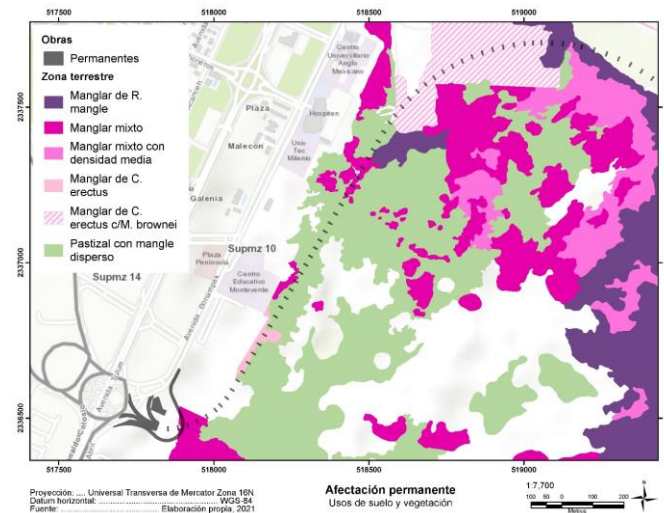
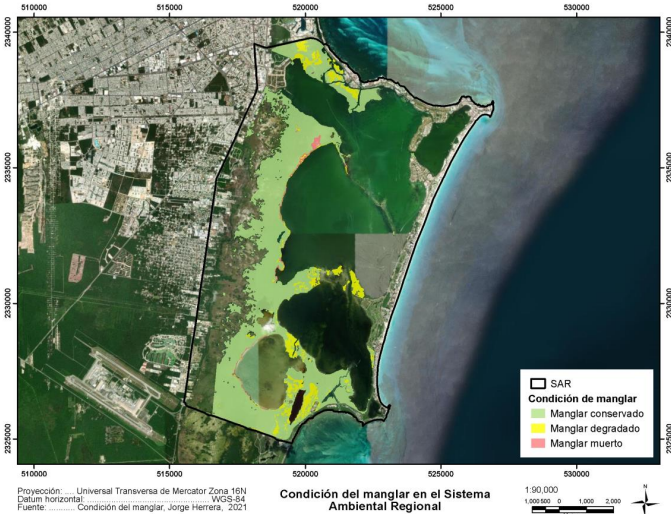


Figura 5. 22. Ubicación de las obras permanentes sobre vegetación de manglar.



Por sus características descritas en los criterios técnico científicos empleados, por la aplicación de las medidas de mitigación que compromete el proyecto y por no comprometer la estructura y función del ecosistema de manglar, así como los bienes y servicios que estos generan, este impacto se considera no significativo.

	<p>Por otro lado, se busca con el proyecto un impacto de tasa cero o positiva a través de la ejecución del Programa de Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar, que, ejecutará acciones controladas, con sustento científico, en coordinación con la CONANP que pretenden recuperar la superficie afectada y mucha más (306.6 ha de manglar actualmente considerado como degradado o muerto dentro del SAR; y, a través de la donación de 305.85 ha pertenecientes al Gobierno del Estado, de las cuales: a) se regularizarán 288.44 ha que actualmente se encuentran dentro del acuerdo de destino pero cuya superficie pertenece al Gobierno del Estado, y, b) 97.41 ha que se encuentran fuera del acuerdo de destino y que se aumentarán a la superficie de conservación del Área de protección de flora y fauna Manglares de Nichupté). Con la implementación de las medidas de prevención, mitigación y compensación se disminuirá al mínimo la superficie de afectación.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Tal y como se describe en el Capítulo 4 de esta MIA, y con base en el Informe de Caracterización de Manglar [REDACTED] las condiciones ambientales y las variables de estructura arbórea en el SLN, muestran la dominancia de tres tipos de condición del manglar: conservado, degradado y muerto (Figura 5. 23). Aproximadamente el 76% de la cobertura de los manglares presentan buena condición, mientras que el 15% presenta degradación y el 9% es en donde se ha reducido y/o perdido la cobertura de manglar por los diversos impactos que se han presentado en la zona, entre estos, se pueden mencionar los cambios en la hidrología, los efectos de los eventos meteorológicos, el desarrollo en la infraestructura turística y urbana entre otros.</p> <p>Figura 5. 23. Condiciones del manglar en el SAR. Fuente [REDACTED] 2021.</p>  <p>Proyección: Universal Transversa de Mercator Zona 16N Datum horizontal: WGS-84 Fuente: Condición del manglar, Jorge Herrera, 2021</p> <p>Condición del manglar en el Sistema Ambiental Regional</p> <p>1:90,000 0 1,000 2,000 Metros</p>

Medidas para la mitigación del impacto	<p>Para mitigar este impacto, el promotor del Proyecto contempla la aplicación del Programa de supervisión y gestión ambiental que verificará que las obras se desarrollen conforme a lo comprometido, dentro del Programa de manejo integral de la vegetación se encuentran los subprogramas de manejo de áreas de conservación y reforestación de áreas de aprovechamiento temporal, así como dentro del Programa de monitoreo ambiental está el subprograma de monitoreo de la vegetación y el de monitoreo de la incidencia de luz solar. Además, todas las actividades y personal involucrado, recibirá capacitación ambiental, de acuerdo con el Programa de manejo y gestión social. Una vez aprobado el Proyecto, se pondrá en marcha el Programa de mejoramiento ambiental de áreas de manglar, a través del cual se busca mejorar la condición ambiental de 306.6 ha de manglar identificado como muerto o degradado, esto se hará a través de una cuidadosa planeación de actividades, con sustento científico y en coordinación con la CONANP.</p>
---	--

Impacto		M2. Pérdida de individuos en NOM 059						Factor afectado			Manglar												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.56			Interacciones positivas			18			Interacciones negativas		8						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción						Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Trazo áreas de aprovechamiento permanente y temporal. - Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmote y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 				<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Forestación y creación de áreas verdes. - Instalación de barreras anti dispersión - Acarreo de materiales desde bancos de préstamo. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. 						<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. <ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 													
Descripción del impacto		<p>Dentro las actividades a llevarse a cabo en las fases de preparación y construcción del Proyecto, se considera la delimitación, despalme y desmote de áreas con vegetación (selva, humedal y humedal con manglar) que cuenta con especies que están reguladas por la NOM-059-SEMARNAT-2010. Sin embargo, desde estas fases iniciales, se contempla la implementación de medidas destinadas a conservar dichas especies a través de estrategias como el rescate, mantenimiento y propagación de especies.</p> <p>El impacto es acumulativo y sinérgico, considerando la vegetación de manglar que se ha perdido a lo largo de cuatro décadas, asociadas con el SLN. Con excepción de las obras permanentes, las actividades que llevan a la pérdida de especies de esta norma, se consideran temporales, de medio plazo y reversible, ya que se ejecutarán conforme avance el proceso constructivo, una vez concluido no se realizará más remoción de vegetación y esta, podrá recolonizar de manera natural algunas áreas, y otras áreas una vez que se haya restaurado la topografía original.</p>																					

	<p>El impacto será puntual (asociado con las obras temporales y permanentes) y no rebasará la ZIA. Por sus características descritas en los criterios técnico científicos empleados, por la aplicación de las medidas de mitigación que compromete el proyecto y por no comprometer la estructura y función del ecosistema de manglar, así como los bienes y servicios que estos generan, este impacto se considera no significativo.</p> <p>Es importante señalar que, el diseño del Proyecto respondió a una evaluación exhaustiva de la superficie y de cuatro propuestas de trazo, esta es la que resulta en una menor superficie de vegetación intervenida y mayores rendimientos en materia social para la ciudad. Se realizaron estudios de LBA a través de los cuales se reconocieron las asociaciones vegetales presentes y esto ayudó a determinar los sitios por los que pasaría el proyecto, los cuales fueran compatibles con la ingeniería del Proyecto. Con la implementación de las medidas de prevención, mitigación y compensación se disminuirá al mínimo la superficie de afectación.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>El SAR del proyecto presenta una alta heterogeneidad de humedales. En su interface SAR terrestre- SAR Lagunar, el ecotipo de franja compuesto por <i>R. mangle</i>, <i>L. racemosa</i>, y <i>A. germinans</i>, presenta Buenas condiciones. La condición en estado Regular, fue identificada en manglares de cuenca con árboles chaparros de <i>A. germinans</i>. Por último, los de mala condición lo conformaron los manglares de cuenca con baja densidad de <i>A. germinans</i>. Estas zonas deben ser rehabilitadas con programas de restauración ecológica.</p> <p>De manera general en el SAR los manglares se han degradado y manifiestan una evidente pérdida de su calidad ambiental. Esto se debe a diversas razones 1) Cambios en la organización social de las comunidades humanas costeras, rotando la actividad económica entre pescador, campesino y artesano, 2) Incremento en el consumo de energía per cápita para desarrollar la economía costera, 3) Manejo fragmentado en el sector oficial, o ausencia total de un plan de manejo, ante la presión urbana, industrial, turística, agrícola y de acuacultura, 4) Depreciación del valor ecológico y uso irracional no sostenible, 5) Poco impacto de los resultados científicos y baja disponibilidad de los mismos en términos prácticos para los usuarios del sector oficial, 6) Carencia de términos de referencia de vocación y aptitudes de la región y de evaluación ecológica y de recursos, para desarrollos productivos y, 7) Reconversión de áreas de manglar para agricultura y acuacultura insustentable que colapsa en pocos años.</p> <p>De manera particular, en los rodales delimitados para el estudio de vegetación sobre los que pasará la vialidad, se identificó la presencia de tres de las cuatro especies de mangle presentes en la Península de Yucatán, y que son el mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>), mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>) y mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>).</p>

<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>El SGAS contempla dentro del Programa de manejo integral de la vegetación el subprograma de rescate y manejo de vivero, así como el subprograma de reforestación de áreas de aprovechamiento temporal en una superficie total de 2.36 ha. En el vivero se propagarán y mantendrán los individuos que se hayan rescatado de acuerdo con las estimaciones propuestas por el ETJ y serán trasplantadas a las áreas de aprovechamiento temporal una vez que se hayan desocupado y su topografía restaurada, se mantendrán con riego hasta su establecimiento y desarrollo natural. Serán monitoreadas a través del subprograma de monitoreo de la vegetación como parte del Programa de monitoreo ambiental.</p> <p>Además, como parte de las medidas de compensación, se compromete la Rehabilitación de 306.6 ha de manglares mediante el PRMAAM el cual se ejecutará en coordinación con la CONANP.</p>
--	---

Impacto		M3. Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas						Factor afectado			Manglar												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad		Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión			
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.44		Interacciones positivas			6			Interacciones negativas		12							
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción								Operación y mantenimiento											
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 				<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Acarreo de materiales desde bancos de préstamo. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. <ul style="list-style-type: none"> - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. <ul style="list-style-type: none"> - Colado de pilas. - Construcción de losa rodamiento. - Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos). 								<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Movilidad/Circulación de vehículos. - Mantenimiento de la superestructura. 											

<p>Descripción del impacto</p>	<p>Durante la fase de preparación y construcción serán emitidas partículas en suspensión al medio acuático, producto de la delimitación y conformación de áreas de aprovechamiento temporal y producto de la excavación y perforación. El material que ingrese a la ZIA provendrá de bancos de materiales autorizados, carentes de sustancias que puedan resultar contaminantes. Con respecto a los materiales producto de la excavación, una parte será resuspendida y contenida con las mallas antidispersión, serán trasladados a los sitios de contención temporal hasta su disposición final, para evitar que retornen al sistema lagunar. Otra fuente de emisión de residuos por parte del proyecto, tiene que ver con los residuos sólidos de tipo urbano que se generen en por el consumo de alimentos de los trabajadores, así como por los residuos líquidos que provendrán del uso de sanitarios portátiles, con respecto a los residuos peligrosos se podrían generar en caso de algún accidente con la maquinaria o equipo que genere sólidos impregnados con solventes o combustible o incluso algún derrame en el medio acuático. El impacto se considera acumulativo, sinérgico, de corto periodo, las actividades iniciarán de forma paulatina y, de la misma manera, será el cese de actividades. Con la adecuada aplicación de las medidas de contención, este impacto será temporal y reversible no ocasionando efectos más allá de la ZIA, por lo que se considera no significativo.</p> <p>La generación de los residuos será local, están asociados con los frentes de trabajo, su manejo se realizará de acuerdo con la Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo, así como, de acuerdo con las características CRETIB para el manejo de los residuos peligrosos. La correcta aplicación de las medidas de mitigación reducirá considerablemente el efecto que pueda tener cualquier tipo de residuo que se genere por las actividades del Proyecto.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Actualmente los humedales asociados con el SLN se encuentran protegidos bajo la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté, sin embargo, este sistema ha sido mermado en su calidad ambiental desde los años setenta, con el crecimiento de la zona turística de Cancún que trajo consigo un crecimiento mucho mayor de población que depende del turismo de manera directa o indirecta. El crecimiento acelerado de la zona hotelera y la población en el municipio de Benito Juárez llevó a la par una gran cantidad de residuos de todo tipo, muchos de ellos fueron desechados en el SLN, actualmente sigue recibiendo descargas de aguas residuales, tal como fue señalado en diferentes informes que componen los estudios de Línea Base Ambiental (LBA) del Proyecto, así como, por numerosa literatura científica que se ha generado para este sistema lagunar por diversas instituciones académicas a lo largo de las últimas décadas.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Para mitigar los impactos generados por los residuos en los diferentes frentes de obras y actividades, el promotor del proyecto se compromete a implementar y hacer cumplir lo establecido en los Programas de Manejo Integral de Residuos, Supervisión y Gestión Ambiental, Manejo y Gestión Social y Seguridad y Atención a Contingencias Ambientales. Para ello, la sensibilización y capacitación en materia ambiental será impartida a todos los contratistas y personal de obra a su cargo. La descripción de cada uno de estos Programas se presenta en el Capítulo 6 de esta MIA.</p>

Impacto		M4. Incremento de áreas de conservación						Factor afectado						Manglar									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.56			Interacciones positivas			8			Interacciones negativas		0						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción						Operación y mantenimiento											
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. 						<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 											
Descripción del impacto		<p>El incremento de áreas de conservación parte de una premisa establecida desde la planeación y análisis del trazo del Proyecto para que la cobertura vegetal perdida por individuos de mangle sea restituida y más allá de eso, que la compensación ambiental por tal efecto sea muy superior a lo perdido, a lo que se le denominó "tasa cero o impacto neto positivo", es así que, se ha comprometido la realización de acciones y actividades encaminadas a mejorar la calidad ambiental de 306.6 ha de manglar caracterizado como manglar muerto o degradado al interior del SAR del Proyecto. Adicional a esto, por el paso de una parte del tramo en el Acuerdo de destino, se cederán a favor de la CONANP 305.85 ha. que son propiedad del estado de Quintana Roo, de estas 208.44 ha. se regularizarán para hacer la cesión formal de derechos y, además, con la finalidad de ampliar la frontera de conservación del APFFMN, se donarán 97.41 ha.</p> <p>Estas acciones buscan mejorar la calidad ambiental a nivel de ecosistemas, lo que repercute de manera positiva en el Sistema Lagunar Nichupté (SLN). El impacto será directo, en la zona donde se llevarán a cabo las obras y actividades asociadas con el Proyecto y más allá, teniendo en cuenta que se extenderá a todo el SAR, el resultado de estas actividades tendrá efecto positivo a largo plazo, mucho más allá de la vida útil proyectada para el Proyecto. Considerando lo anterior es que el impacto se considera no significativo.</p>																					
Calidad ambiental del factor afectado		<p>Actualmente los humedales asociados con el SLN se encuentran protegidos bajo la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté, sin embargo, este sistema ha sido mermado en su calidad ambiental desde los años setenta, con el crecimiento de la zona turística de Cancún que trajo consigo un crecimiento mucho mayor de población que depende del turismo de manera directa o indirecta.</p>																					

	<p>Como se ha señalado, el manglar presente en el APFFMN cuenta con tres clases de condición; aproximadamente el 76% se encuentra en buena condición. De acuerdo con ██████████) esta estimación es importante en términos de manejo, ya que las acciones en beneficio de los humedales y manglares deben ir orientadas a mantener el escenario ambiental que hace posible esta condición. Resulta aún más relevante, si consideramos que este ecosistema está constantemente bajo presión por las actividades que genera la demanda turística y de servicios en la Zona hotelera, así como la urbana asociada con la ciudad de Cancún.</p> <p>El Proyecto, busca mejorar la calidad ambiental del SLN y promover la comunicación y gestión entre autoridades, particulares, instituciones académicas y sociedad en general, para que de manera integral se trabaje en favor de la calidad ambiental de un sitio que está totalmente ligado a la calidad ambiental del mar y sus arrecifes de coral. En caso de continuar deteriorándose por falta de sanciones o compromiso de todos los sectores, Cancún como destino turístico podría estar en riesgo por negligencia ambiental.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Este impacto positivo se generará gracias a la aplicación de los Programas de Manejo Integral de la Vegetación, Supervisión y Gestión Ambiental, Monitoreo Ambiental y el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar. Todos ellos tendrán su respaldo a través del Programa de Manejo y Gestión Social para brindar capacitación en materia ambiental para el personal de obra en todos los niveles de organización. El proyecto ejecutivo a partir del cual se determinarán los sitios y acciones a llevar a cabo, será realizado por equipos de investigadores y técnicos para obtener los mejores resultados posibles. Las actividades que se lleven a cabo, será en total coordinación con la CONANP y sus resultados evaluados a través del Programa de Monitoreo Ambiental.</p>

Impacto		M5. Fragmentación									Factor afectado			Manglar									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		S			Índice de incidencia		0.72			Interacciones positivas			8			Interacciones negativas		2					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. <ul style="list-style-type: none"> - Hincado Tubos de acero (ademe). 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								
Descripción del impacto		<p>El diseño del Proyecto se ha planteado con la finalidad de no interrumpir la conectividad entre los ecosistemas de forma permanente, durante las tres fases del Proyecto. Los elementos más restrictivos serán los entronques, los cuales reducen también el ingreso de fauna feral o silvestre a la superficie de rodamiento lo que podría poner en riesgo su integridad. Sin embargo, se prevé que en estos entronques de la parte terrestre se coloquen pasos hídricos que servirán también para la fauna, mientras que en el medio acuático la conformación de la vialidad con pilas permitirá el movimiento del agua y el desplazamiento de la fauna (la fauna de lento desplazamiento será reubicada).</p> <p>El impacto será acumulativo, sinérgico, de largo plazo. Será reversible conforme las actividades del proceso constructivo vayan avanzando, con excepción del efecto en los entronques. El impacto se concentrará en los frentes de trabajo y en la ZID y no rebasará la ZIA. Conforme el avance de las obras, el sistema recuperará las superficies temporales y su cobertura vegetal; así como a través del SRAAT. Teniendo en cuenta los efectos de este impacto, se considera significativo.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>El SLN tal como se documentó en el capítulo 4, ha estado sujeto a fragmentación de sus ecosistema de manera progresiva, desde los años setenta, la vegetación original ha sido remplazada por infraestructura primero turística y de servicios y posteriormente urbana, cuyos efectos han repercutido de manera negativa en la continuidad principalmente de la vegetación, lo que tiene a su vez repercusiones negativas en la fauna al haberse visto desplazada, con sus hábitats originales alterados o perdidos y con una alta concentración de contaminantes.</p> <p>Por otro lado, de acuerdo con una revisión histórica de la vegetación, se observa que más allá de la vegetación que se perdió para la construcción de la zona turística y urbana, los cambios en la hidrología, ocasionados por la construcción de la carretera, el Blvd. Kukulcán y otras vialidades en la periferia de la laguna, así como todos aquellos perpendiculares a la costa, fueron determinantes para llegar al arreglo de la vegetación actual, es decir, se refleja una mayor pérdida de los humedales mixtos que han sido sustituidos por manglar y de la selva que ha sido y sigue siendo reemplazada por infraestructura urbana y turística.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>La propia construcción de un Proyecto en el medio natural incide de manera negativa en la continuidad de la vegetación y por lo tanto de la fauna; previendo esta afectación, el propio proceso de planeación integral que se ha realizado para el Proyecto y, ha permitido dar como resultado el diseño de un Proyecto que genere la menor afectación posible sobre el medio, tanto a nivel de desplante como por el proceso constructivo. Además, mediante la implementación de las medidas de mitigación y compensación propuestas para el Proyecto, se podrá recuperar la vegetación una vez concluidas las actividades temporales, esto se hará a través del Subprograma de Reforestación de Áreas Temporales, Subprograma de Áreas de Conservación, Monitoreo de la vegetación y de la fauna y Monitoreo del Sistema Lagunar y Biota Acuática. A través del Programa de Supervisión y Gestión Ambiental se vigilará que no se desmonte más superficie de la autorizada y que la restauración y reforestación inicie según se desocupen las áreas temporales. A través del Programa de manejo y Gestión se brindará capacitación ambiental a todos los trabajadores para minimizar los efectos debido a las obras y actividades del Proyecto.</p> <p>Asimismo, mediante el Programa de Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar, se ejecutarán acciones controladas, con sustento científico, en coordinación con la CONANP que pretenden recuperar 306.6 ha de manglar dentro del APPFFM que actualmente se considera como degradado o muerto, mejorando con ello el escenario ambiental del mismo.</p>

Impacto		M6. Pérdida de bienes y servicios						Factor afectado			Manglar												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.39			Interacciones positivas			2			Interacciones negativas		3						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción						Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Desmante y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 				<ul style="list-style-type: none"> - Hincado Tubos de acero (ademe). 						<ul style="list-style-type: none"> - Operación superestructura. 													
Descripción del impacto		<p>La implementación de un proyecto, puede dar lugar a la pérdida de bienes y servicios ambientales de forma temporal o permanente. La planeación y el diseño del Proyecto que aquí se presenta, fue analizado con gran detalle; de manera particular, la selección del trazo que se somete a EIA es el cuarto propuesto. Este se evaluó desde su parte económica, la ambiental y la social, buscando tener un proyecto económicamente viable, ambientalmente cuidado sin poner en riesgo el entorno y que a nivel social realmente constituya un beneficio para la población. Por otro lado, el proceso constructivo es el que resultó ambientalmente menos invasivo, y a efectuarse en el menor tiempo posible</p>																					
		<p>El impacto será provocado por el desmante temporal requerido para las maniobras de construcción de la vialidad elevada, así como por la construcción y permanencia de su estructura. Las actividades de construcción y desarrollo del proyecto, serán transitorias y desarrolladas sobre un área bien delimitada de manglar en la parte Terrestre. En total, se considera la afectación total sobre manglar de 0.9878 ha (tanto por las obras temporales como por las permanentes). Sin embargo, esta afectación sobre los bienes y servicios que presta el manglar se considera temporal, ya que: a) por un lado, una vez concluidas las actividades de construcción, esta superficie de aprovechamiento temporal será reforestada y, b) por otro lado, se considera como medida compensatoria la rehabilitación de 306.6 ha de humedales dentro del SAR en coordinación con la CONANP.</p>																					
		<p>Como parte de los principales bienes y servicios que presta el manglar se considera: hábitat para especies de flora y fauna (especialmente de especies en la NOM-059), la captura de CO2, regulación del microclima, la regulación de los procesos hidrológicos naturales (filtración y recarga de mantos acuíferos), así como la producción secundaria (en el caso particular de los manglares), la cual consiste en la generación de nutrientes para el desarrollo de especies que dependen de ello y que contribuyen en la cadena trófica. Un beneficio muy reconocido por este servicio ambiental es la contribución en la producción pesquera.</p>																					

	<p>Estos servicios ambientales, se pueden ver directamente afectados en la medida en que la cobertura forestal de estos ecosistemas se vea reducida. De manera particular, el Proyecto prevé la afectación temporal de 0.9878 ha de manglar por las obras temporales y permanente del Proyecto.</p> <p>Por lo anterior es que se consideró como un impacto acumulativo, sinérgico y temporal mientras dura el proceso de construcción del proyecto. Será reversible con la correcta aplicación de las medidas de mitigación y compensación, con respecto a la presencia de obras en la zona acuática, el sistema una vez terminado el proceso constructivo el entorno asimilará la condición con la presencia de las pilas sin que esto afecte el retorno de la fauna. El nivel del impacto será puntual (sólo en los frentes de trabajo) y no rebasará la ZIA. Por sus características descritas en los criterios técnico científicos empleados, por la aplicación de las medidas de mitigación que compromete el proyecto y por no comprometer la estructura y función de los ecosistemas y los bienes y servicios a largo plazo, este impacto se considera no significativo. Además, mediante la adecuada aplicación de los PRMAAM y el SRAAT se considera un impacto neto positivo sobre los manglares.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Los manglares son considerados entre los ecosistemas más valiosos, debido a que proporcionan numerosos servicios ecosistémicos tales como: 1) protección de la línea de costa ante fenómenos hidrometeorológicos locales (nortes), regionales (huracanes) y globales (incremento del nivel medio del mar); 2) ayudan al mantenimiento de la calidad de agua debido a su capacidad de filtración de materiales; 3) funcionan como hábitats críticos para una infinidad de organismos, muchos de ellos de importancia ecológica, comercial y turística; 4) son estabilizadores del suelo y/o evitan la erosión de playas; (Herrera-Silveira et al., 2009). Respecto al carbono (C) se ha documentado que pueden almacenar >1000 Mg C ha⁻¹, dos a tres veces más que los bosques terrestres (Adame et al., 2013; Donato et al., 2011; Kauffman et al., 2011). (Anexo 4.10)</p> <p>El Sistema Lagunar Nichupté tiene un mayor riesgo a la contaminación por descargas de aguas residuales, así como a la extracción de aguas y el cambio del uso del suelo, modifican la estructura y función de estas lagunas debido a que está inmerso en el complejo turístico de Cancún, ocasionando un alto deterioro, a consecuencia del rápido y desordenado crecimiento de la mancha urbana de Cancún.</p> <p>La vegetación de manglar se distribuye en la mayor parte de la periferia del SLN y la que está a resguardo del APFFMN, sin embargo, esta ha estado sujeta a cambios de uso de suelo considerables desde los años setenta, tal como lo muestra el análisis de la CONABIO en 2010 y lo que muestran las imágenes históricas de diferentes fuentes. La mayor parte del trazo pasará por áreas próximas a la zona urbana (Tramo 1, 2, 5 y parte del tramo 3) los cuales muestran los efectos del crecimiento urbano y turístico, por lo que han sido alterados en su cobertura y han acumulado residuos de diversa índole a lo largo del tiempo, tal como lo han señalado los estudios de LBA y otros estudios en la zona por lo que, los bienes y servicios han mermado en su calidad.</p> <p>El proyecto tendrá un efecto negativo de manera temporal, que será revertido mediante la reforestación de las áreas temporales.</p>

<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Para mitigar este impacto la promovente contempla la aplicación de los Programas de Manejo Integral de la Vegetación, dentro del cual, el Subprograma de reforestación de áreas de aprovechamiento temporal, tendrá gran relevancia para rehabilitar y mejorar la calidad ambiental de estas áreas que presentan especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010, lo cual, tendrá efectos positivos en la vegetación aledaña y en la fauna local. Estará involucrado también el Programa de Residuos, Supervisión y Gestión Ambiental. Así como capacitación para el personal de obra mediante el Programa de Manejo y Gestión Ambiental. Como parte de las medidas de compensación por la remoción de algunos individuos de mangle, se pondrá en marcha el Programa de Mejoramiento Ambiental que incidirá en 306.6 ha de manglar clasificado por un especialista en la materia como manglar muerto o degradado al interior del SAR.</p> <p>Lo anterior, se realizará en completa observancia de las disposiciones jurídicas aplicables, de manera particular a los establecido en la LGDVS y su artículo 60 TER.</p>
--	--

Impacto		M7. Incremento de bienes y servicios por Programa de Rehabilitación						Factor afectado			Manglar												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		S		Índice de incidencia		0.78			Interacciones positivas			8			Interacciones negativas		0						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								
Descripción del impacto		<p>Como parte de las medidas de compensación por el paso de pilas sobre individuos de mangle, así como por la presencia de obras en la franja de 100 m del manglar y la presencia de otros humedales, se contempló revertir el efecto de la pérdida de cobertura y más allá de eso intervenir de manera positiva en una superficie más amplia; a esto se le denominó “tasa cero por desmonte o impacto neto positivo” por el Proyecto.</p> <p>Esto, se logrará a través del Programa de Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar, que se presenta de manera preliminar en el anexo 6.1, una vez aprobado el proyecto, se procederá a generar el Proyecto Ejecutivo que será respaldado con estudios más específicos para determinar las acciones que se llevarán a cabo de acuerdo con el sitio.</p> <p>Considerando lo anterior, el impacto positivo sobre los bienes y servicios que presta el manglar será acumulativo, sinérgico, con efectos positivos de largo plazo, se espera que el sistema reaccione de manera positiva a las acciones y se mejore la calidad ambiental, mejorando o incrementando los bienes y servicios ambientales con efectos permanentes que tendrán repercusiones positivas a nivel del SAR. Por su efecto positivo en la estructura y función de los ecosistemas y los bienes y servicios que se generan, este impacto se considera significativo.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>El Sistema lagunar Nichupté ha estado sujeto a grandes cambios en su estructura por el desarrollo de Cancún como destino turístico y con ello fueron progresivamente incrementando la cantidad de servicios y la demanda por casa habitación conforme la población fue creciendo. La conjunción de estos factores ha repercutido de manera negativa en el sistema en general por la gran cantidad de residuos sólidos arrojados a los ecosistemas, el relleno y cambios de uso de suelo y la descarga de aguas residuales, que al día de hoy aún están presentes y han sido reconocidos por diferentes dependencias y que también se documentaron en los estudios de LBA. A partir de los resultados del estudio de manglar y la información que se conoce para la zona, se identificaron 306 hectáreas de manglar que aun cuando la mayoría están dentro del APFFMN, tienen una condición de degradados o muertos; que representan el 24% del manglar en el APFFMN. Es sobre esta superficie sobre la que se busca desarrollar el PRMAAM.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>El promotor del Proyecto contempla la aplicación del Programa de Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar que incidirá de manera positiva en las áreas de manglar degradado o muerto que fueron reconocidos al interior del SAR, en una superficie de 306.6ha, lo que representa una relación de compensación de 1:310 por ha afectada de manglar por el Proyecto. Para vigilar su implementación se contará con el Programa de Supervisión y Gestión Ambiental, el Programa de Monitoreo Ambiental y la participación del comité de vigilancia externa.</p>

Impacto		M8. Disminución productividad por efecto de sombra					Factor afectado			Manglar													
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia		0.44			Interacciones positivas			5			Interacciones negativas		2					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación					Construcción										Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 					<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Construcción de losa rodamiento 										<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Operación superestructura 								
Descripción del impacto		<p>La construcción del puente representa una estructura que producirá una sombra proyectada hacia la superficie, que en este caso en particular se trata principalmente de un cuerpo de agua y hacia los extremos diferentes asociaciones vegetales. Con respecto a la presencia de este tipo de infraestructura la información es escasa, sin embargo, si se cuenta con información acerca de efectos fisiológicos de la exposición a la radiación solar directa o a la sombra en diferentes magnitudes. Teniendo en cuenta que la sombra no será estática a lo largo del día ni a lo largo del año, no se espera un efecto negativo sobre la vegetación, por el contrario, se espera que al reducir la intensidad de radiación solar en áreas que están expuestas permanentemente y sujetas a demás a un estrés hídrico y de pocos nutrientes (zona terrestre) la vegetación puede verse favorecida y mejorar e incrementar su desarrollo. Sin embargo, por principio precautorio, se va a monitorear a la par del monitoreo de la vegetación la incidencia de luz y los efectos en la primera. El impacto no será acumulativo, ni sinérgico, será a largo plazo en tanto la vida útil del proyecto. Será asimilable de forma natural por el entorno y no rebasará la ZIA. Por sus características descritas en los criterios técnico científicos empleados, por la aplicación de las medidas de mitigación que compromete el proyecto y por no comprometer la estructura y función de los ecosistemas y los bienes y servicios que estos generan, este impacto se considera no significativo.</p> <p>Considerando que la superficie de rodamiento será de 14.9m, se estima que la superficie de sombra debajo del Puente será de 12.4876 ha, de las cuales, se estima que 1.4101 ha correspondan a manglar y 0.8064 ha a vegetación con individuos de mangle.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>El sistema ha estado sujeto a cambios en la cobertura vegetal tanto por cambios de uso de suelo, como por la alteración de la hidrología y el hidroperiodo, factores clave para el desarrollo de los humedales. De acuerdo con los resultados del monitoreo de la vegetación y del trabajo de campo realizado para la presentación del ETJ, no se ha reportado que la sombra provocada por la infraestructura en la periferia del sistema, tenga repercusiones en la altura o cobertura vegetal en la franja terrestre, sin embargo, fisiológicamente la literatura reporta que la sombra que causa un dosel muy cerrado sobre la germinación y desarrollo de plántulas es generalmente negativo. Por otro lado, los cambios en la hidrología tienen efectos negativos para el desarrollo de la vegetación al incrementar las condiciones de estrés ya sea por periodos de inundación mayor o por el contrario de mayor sequía, que es lo que se puede observar en este sistema lagunar al haber sido considerablemente reducido o casi bloqueado su intercambio hídrico tanto con el mar, como con cuerpos lagunares aledaños; ante ello, la vegetación responde, pudiendo ser estas respuestas el remplazo de especies, la dominancia de otras o la muerte de otras, lo que lleva a una pérdida de productividad. Con la correcta implementación de las medidas de mitigación y compensación, se espera mejorar la calidad ambiental, los bienes y servicios de los ecosistemas y por lo tanto de su productividad.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Para evaluar el efecto de la sombra del Proyecto sobre la vegetación, dentro del Programa de Monitoreo Ambiental se conformó el Subprograma de monitoreo de la incidencia de luz solar, para este, en conjunto con los especialistas, se definirán sitios de muestreo en las áreas que recibirían menos luz en las principales asociaciones vegetales, este componente se trabajará a la par del Programa de manejo integral de la vegetación y el Subprograma de monitoreo de la vegetación y del sistema lagunar y biota acuática; se trabajará de forma multidisciplinaria para identificar cualquier modificación en los ecosistemas asociados al efecto de sombra y determinar en conjunto las acciones que correspondan.</p>

I. Selva y humedales

Impacto		Syh 1. Pérdida de superficie									Factor afectado			Selva y humedales									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.56			Interacciones positivas			9			Interacciones negativas		4						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Trazo áreas de aprovechamiento permanente y temporal. - Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar. - Delimitación áreas de aprovechamiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado Tubos de acero (ademe). 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								
Descripción del impacto		<p>Este impacto se refiere a la inminente pérdida directa de superficie de Selvas y Humedales necesaria para el desarrollo del proyecto (preparación, construcción y, operación y mantenimiento). Derivado del desarrollo del proyecto se estima que se perderá una superficie de 1.7724 ha de Selvas y Humedales (Selva mediana con vegetación secundaria y vegetación secundaria de selva mediana), de los cuales 0.5586 ha serán de aprovechamiento permanente y 1.2138 ha serán temporales por los rellenos.</p> <p>El impacto se generará en la etapa de preparación por las actividades de desmonte y despalme. Así como en la etapa de Construcción por las actividades de conformación de terraplenes y patios de maniobras temporales para el tramo 2 e hincado de tubos de acero en los tramos 2 y 3.</p>																					

	<p>Se caracteriza como No significativo debido a que es recuperable y tendrá una extensión acotada a la huella de desplante autorizada. Además de que debido a que la extensión de este impacto se debe principalmente a las actividades temporales, con el compromiso de la promovente de reforestar estas áreas al término de su uso (SRAAT), este impacto se verá acotado a la etapa de construcción y mitigado. Respecto a la superficie de afectación permanente, su impacto neto positivo estará dado por las medidas compensatorias que implican que por cada hectárea de afectación (temporal y permanente) la promovente estará compensando con la rehabilitación de 57.67 ha en área de menor calidad dentro del ANP SLN en coordinación con la CONANP.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>De acuerdo con la información presentada en el capítulo 4, la vegetación de la ZII cuenta con buena representación en el SAR. La vegetación se encuentra en un estado medio de conservación, principalmente a causa de los impactos de Ciclones Tropicales en el pasado. Así como de incendios forestales. Tanto el SAR como la ZII del proyecto reciben la misma influencia antrópica, derivada de los servicios hoteleros y la infraestructura urbana.</p> <p>Por otro lado, se reconoce que se modificará una superficie de 1.7724 ha de una vegetación de selva mediana subperennifolia y vegetación secundaria de selva mediana con mayor grado de deterioro que el resto del SAR. En la vegetación de Selva, identifican 42 especies totales de las cuales 23 están en la unidad de análisis, 23 en la ZII y 18 especies se comparten.</p> <p>Asimismo, parte del proyecto se desplantará sobre pastizal con mangle disperso, en particular por la colocación de las pilas, en una superficie de 109.62 m². Se destaca el hecho de que, en el humedal con pastizal, se han llevado a cabo modificaciones importantes como rellenos con material calcáreo, lo que repercute en la distribución de los individuos vegetales. Se identifican 25 especies totales de las cuales 22 están en la unidad de análisis, 18 en la ZII y 15 especies se comparten. Aunado a esto, se identifican especies que no son propias del humedal en ambos sitios de estudio.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>En el marco del SGAS, los efectos sobre la selva y los humedales derivados de la construcción del Proyecto, serán prevenidos, mitigados y compensados en específico a través de los siguientes Programas: a) PMIV, b) PSGA, c) PRMAAM y el d) PMA (véase capítulo 6). Y, en cumplimiento estricto a los instrumentos jurídicos aplicables, tales como la LGEEPA, la LGDFS y la LGVS.</p>

Impacto		Syh 2. Pérdida de individuos en NOM 059					Factor afectado			Selva y humedales													
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia		0.56			Interacciones positivas			12			Interacciones negativas		8					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación					Construcción					Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Trazo áreas de aprovechamiento permanente y temporal. - Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 					<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Forestación y creación de áreas verdes. - Instalaciones barreras antidispersión. - Acarreo de materiales desde bancos de préstamo. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. 					<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 													
Descripción del impacto		Este impacto se refiere a la potencial pérdida de individuos listados en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 "Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de Especies en Riesgo".																					

	<p>El crecimiento de los destinos turísticos y sus desarrollos tiene impactos directos en la dinámica de las poblaciones de especies de flora y fauna, incluidas aquellas amenazadas o en peligro. La transformación de hábitat puede repercutir en los diferentes niveles de organización biológica, pudiendo modificar desde la distribución de especies hasta en la genética de las poblaciones (Navarro, González, Flores, & Amaparán, 2015). Por lo anterior, esta es una de las principales causas por las que algunas especies se encuentran en peligro de extinción. Este proceso se vincula a su vez con la fragmentación de los ecosistemas. De acuerdo con algunos autores, los procesos de fragmentación ocurren casi siempre en las áreas más accesibles o con mayor productividad primaria.</p> <p>Aún cuando no existe una actividad que busque generar este impacto de manera directa, se reconoce que podría llegar a generarse en todas las etapas del Proyecto, principalmente durante las etapas de preparación y construcción. Lo anterior ya que, por un lado, la mayoría de las actividades contemplan el tránsito o presencia de personas, el uso de maquinaria, la generación de ruido, así como por las propias actividades de desmonte y despalme, rellenos. etc. En las etapas de preparación y construcción, el impacto podría generarse por la presencia humana, la maquinaria, el tránsito de vehículos, la iluminación o el ruido ocasionando el ahuyentamiento de la fauna asociada a los ecosistemas de selva y humedales; mientras que por la propia construcción se verán afectadas de manera temporal individuos de especies vegetales enlistadas en la NOM, principalmente ejemplares de <i>Thrinax Radiata</i> y <i>Coccothrinax readii</i>; y de acuerdo con los resultados de análisis de vegetación del humedal, en estos, se registró la presencia de <i>Laguncularia racemosa</i> (mangle blanco), <i>Conocarpus erectus</i> (mangle botoncillo) y <i>Rhizophora mangle</i> (mangle rojo). La superficie de afectación directa (temporal y permanente) en selva se estima en 1.7724 ha, mientras que en manglar a 0.9878 ha.</p> <p>En la etapa de operación la presencia humana, el tránsito de vehículos y la colonización de la zona por especies de fauna exóticas u oportunistas, representarán un factor que impedirá el restablecimiento de varias de las especies que originalmente se encontraban en el sitio.</p> <p>Se podrá afectar individuos de especies de fauna que no hayan podido rescatarse, ya sea porque vivan bajo tierra, sean de pequeño tamaño o de lento desplazamiento. La mayoría de los ejemplares migrarán a otras áreas debido a la pérdida o alteración de su hábitat, o morirán debido al paso de la maquinaria pesada.</p> <p>Este impacto se calificó como No significativo debido a que será indirecto, recuperable y podrá prevenirse y mitigarse por medio de labores de rescate de flora y fauna que serán implementadas, y sobre todo por las medidas de restauración de las áreas temporales y las medidas de compensación en beneficio de los humedales.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>En el SAR se identificaron 4 especies de fauna vinculadas a la vegetación de selva o humedales y al SLN listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 <i>Ctenosaura similis</i> y <i>Kinosternon scorpioides</i>, y en el ANP se identifican las especies de <i>Crocodylus moreletii</i>, y <i>Crocodylus acutus</i></p>

	<p>En el SAR se identificaron dos especies de flora vinculadas a la vegetación de selva (<i>Thrinax Radiata</i> y <i>Coccothrinax readii</i>) y 3 en humedales (<i>Laguncularia racemosa</i>, <i>Conocarpus erectus</i>, <i>Avicennia germinans</i> y <i>Rhizophora mangle</i>) listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Tal como se establece en el Programa de Manejo Integral de Fauna, Programa de Manejo Integral de la Vegetación se llevará a cabo las actividades de rescate y reubicación de los individuos de fauna y vegetación, prestando especial atención en el rescate de las especies que se encuentren catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Por otro lado, y como parte de los beneficios del Proyecto de resultar autorizado, se tendrá como medida de compensación la rehabilitación y mejoramiento de una superficie de 306.6 ha de manglar dentro del ANP (PRMAAM), por lo que el impacto neto resulta positivo y en específico sobre los individuos de manglar ya que, con la implementación de este Proyecto, se favorecerá la recuperación de estas especies.</p>

Impacto		Syh 3. Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas					Factor afectado			Selva y humedales													
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia		0.44			Interacciones positivas			6			Interacciones negativas		12					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación					Construcción										Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmante y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 					<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Acarreo de materiales desde bancos de préstamo. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Construcción de losa rodamiento. - Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos). 										<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Movilidad/Circulación de vehículos. - Mantenimiento de la superestructura. 								
Descripción del impacto		<p>Este impacto se refiere a la posible contaminación por residuos (líquidos y sólidos) en áreas de selva o humedales, por el desarrollo del proyecto (preparación, construcción, operación y mantenimiento). Lo anterior podría derivarse de acciones no intencionales durante cualquiera de las etapas del proyecto.</p> <p>La generación y manejo de residuos de no realizarse adecuadamente, podría ocasionar la contaminación. El tipo de residuos generados durante las etapas será diverso (sólidos, líquidos, de manejo especial, etc.). Durante la preparación y construcción se espera la generación de residuos sólidos por la presencia de los trabajadores, en especial por el consumo de alimentos y por las</p>																					

	<p>actividades propias de la obra (desmante y despalme, acarreo de materiales, conformación de terraplenes, conformación y terraplenes y plataformas, etc.). Se espera que el tipo de residuos generados por los trabajadores sea papel, envolturas, empaques, contenedores de vidrio, cartón, aluminio, metal y plástico, y residuos orgánicos; así como también materiales propios de la construcción tales como madera, fierro, concreto, plásticos, papel, cartón, entre otros. Por otro lado, se espera la generación de residuos voluminosos y/o peligrosos derivados del mantenimiento y uso de la maquinaria y equipo, que corresponderán principalmente a envases y estopas contaminados con aceites y combustibles. Además de solventes y pinturas utilizados para la construcción de la infraestructura.</p> <p>Durante la operación y mantenimiento del proyecto el tipo de residuos sólidos que se generarán serán principalmente urbanos por las actividades propias de la operación y mantenimiento del proyecto. Se considera la generación de fragmentos de papel, latas de aluminio, restos de alimentos, bolsas de plástico, por lo automovilistas, así como por el propio personal que dará el mantenimiento al puente. Para evitar su dispersión, los residuos serán colectados de manera periódica y dispuestos de acuerdo con lo que las autoridades establezcan.</p> <p>El impacto se evalúo como No Significativo, ya que el proyecto incluye dentro de su diseño la implementación de diversas medidas de manejo integral de residuos que garantizan la prevención y mitigación del mismo (ver capítulo 6).</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Tal como se describió en el capítulo 4 de este documento, el SAR del proyecto (incluyendo las zonas con selva y humedales) se encuentra sometido a una fuerte presión antrópica. Ejemplo de lo anterior es que en la zona lagunar, de acuerdo a los estudios de calidad del agua presentados como anexos del Capítulo 4, al interior del cuerpo de agua se identifican una serie de contaminantes y nutrientes, que en algunos casos rebasan lo permitido y en otros en niveles que representan un riesgo para los organismos que ahí habitan.</p> <p>Por su parte, la vegetación se encuentra en un estado medio de conservación, principalmente a causa de los impactos de Ciclones Tropicales en el pasado, así como de incendios forestales. La vegetación de selva mediana subperennifolia se distribuye en 3% de la superficie total del SAR. Mientras que el 34% corresponde a ecosistemas de manglar y asociados. Se destaca el hecho de que, en el humedal con pastizal, se han llevado a cabo modificaciones importantes como rellenos con material calcáreo, lo que repercute en la distribución de los individuos vegetales.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Con el fin de prevenir y mitigar este impacto, principalmente se deberá dar puntual seguimiento al PMIR y al PSGA. Ambos dentro del marco del SGAS. (véase capítulo 6). Y, dando vigilancia en todo momento, a los lineamientos establecidos en la NOM-052-SEMARNAT-200, la LGEEPA y su reglamento en materia de residuos peligrosos, la LGVS, la LGPGIR y la LEEPA.</p>

Impacto		Syh 4. Incremento de áreas de conservación						Factor afectado			Selva y humedales												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS		Índice de incidencia		0.61			Interacciones positivas			4			Interacciones negativas		0						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción						Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. 				-						<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 													
Descripción del impacto		<p>Este impacto, deriva de la iniciativa de la Promovente, de establecer medidas compensatorias por las posibles afectaciones que el proyecto pudiese generar. Este impacto se catalogó como positivo, y consiste en la implementación de un Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar (PRMAAM), cuyos objetivos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lograr una tasa cero de pérdida de cobertura de manglar, al restituir los individuos afectados en una sección dentro del SAR del Proyecto. • Diseñar las estrategias de rehabilitación (micro canales, colecta de germoplasma, conformación topográfica, reforestación, entre otros) adecuadas a la zona, de acuerdo con los estudios específicos • Las acciones de este programa se llevarán a cabo en una sección del Sistema Lagunar, próximo al área de influencia del Proyecto, en donde el incremento de cobertura o la rehabilitación hidrológica permita la mejora del ecosistema y la recuperación o incremento de los servicios ambientales con respecto a los actuales. • Mejorar la estructura del manglar y humedales asociados, al mejorar los patrones hidrológicos en zonas afectadas del SAR <p>Además, de la Cesión de una superficie total de 305.85 ha de terrenos del Estado de Quintana Roo a la SEMARNAT. De los cuales, 208.44 ha corresponden a terrenos del Estado dentro del Acuerdo de Destino, por lo que, mediante esta medida, estos podrán ser regularizados para que formen parte de la SEMARNAT. Las 97.41 ha restantes, es una superficie actualmente fuera del Acuerdo de Destino que también será donada.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>De acuerdo con la caracterización realizada en el SAR, se observó que la selva es una vegetación que está sumamente perturbada por la fragmentación provocada por la urbanización en la zona centro del SAR, durante los recorridos de campo se observó que, en muchos casos, esta vegetación es utilizada para depositar residuos sólidos.</p> <p>Las áreas que serán aprovechadas presentan características que las clasifican como vegetación perturbada, ya que se desarrollan especies exóticas, la estructura forestal está dominada por individuos jóvenes, y el suelo forestal está contaminado con residuos sólidos.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Esté impacto se consideró positivo, ya que: a) se van a reforestar las áreas que serán utilizadas de manera temporal por el Proyecto y que actualmente cuentan con una calidad ambiental baja por lo que, en consecuencia, se espera que su calidad incremente (a través del SRAAT). b) se cederán a favor de la SEMARNAT una superficie de 305.85 ha para contribuir a incrementar la superficie de conservación de humedales del ANP Manglares de Nichupté y c) se aplicarán recursos económicos para la rehabilitación de 306.6 ha de manglares deteriorados en el SAR del Proyecto (PRMAAM).</p> <p>En al Capítulo 6, se puede revisar más a detalle la información sobre el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar (PRMAAM) y del Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal (SRAAT).</p>

Impacto		Syh 5. Fragmentación									Factor afectado			Selva y humedales									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		S			Índice de incidencia		0.72			Interacciones positivas			5			Interacciones negativas		4					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Desmonte y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de aprovechamiento temporal. - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado Tubos de acero (ademe). 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								
Descripción del impacto		<p>Uno de los impactos quizá más evidentes en el desarrollo de proyecto de infraestructura vial, es la fragmentación de los ecosistemas. Este como su nombre lo indica, divide en dos secciones los ecosistemas, que, para el caso de las selvas y humedales, los efectos negativos más significativos son la pérdida de continuidad de la cobertura forestal, repercutiendo en segunda instancia a la libre distribución de la fauna terrestre, los que a su vez podría contribuir al aislamiento de ciertas poblaciones de flora, cuya dispersión de semilla depende en gran medida de la fauna.</p> <p>Por otro lado, los humedales requieren de una dinámica de flujo hídrico constante (Hidrodinámica), la cual impide el estancamiento del agua, regula las propiedades físico-químicas del sistema lagunar (pH, salinidad, disponibilidad de nutrientes), contribuye a la dispersión de semilla, entre otros. En ese sentido, una barrera lineal en el ecosistema de manglar supondría daños significativos para ciertas comunidades de este tipo de vegetación.</p> <p>Como se ha mencionado, el proyecto vial pretende desarrollarse a través de procesos constructivos y obras de alta ingeniería, con los que se busca que el proyecto sea lo menos invasivo posible. Al respecto, cabe resaltar que la vialidad será construida sobre pilas (sistema TopDown), los cuales evitarán que la capa asfáltica sea construida a ras del suelo, permitiendo la intercomunicación por debajo de ésta, favoreciendo el desplazamiento de la fauna y con ello la dispersión de semilla de las especies de flora que dependen de ello y por otro lado el libre flujo hídrico de la laguna en el humedal.</p> <p>Además, para evitar la fragmentación por los rellenos y terraplenes temporales, así como en el entronque, se colocará pasos hídricos y de fauna que permitirán la continuidad y libre paso de la fauna debajo de la estructura.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>La calidad ambiental, en cuanto a este aspecto se considera baja, considerando que el sistema lagunar Nichupté y en particular el SAR se encuentran en un ambiente mayoritariamente urbano, cuyas vialidades, puentes y demás infraestructura de comunicación y transporte, han contribuido a la fragmentación de los ecosistemas naturales, por lo que, a la fecha, el Sistema Lagunar Nichupté, se encuentra rodeada casi en su totalidad por obras e infraestructura urbana.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Como medidas principales para la prevención y mitigación de este impacto, se remonta al planteamiento mismo del Proyecto, ya que tan solo desde su diseño y su proceso constructivo disminuyen el efecto de fragmentación al permitir que, aun con la estructura en funcionamiento, la vegetación presente pueda continuar debajo del mismo.</p> <p>Además, y como parte del SGAS, se considera dentro del PMIF la colocación de pasos de fauna, que también servirán como pasos hídricos en los caminos temporales. De modo que de ningún modo se limite el cruce de la fauna.</p>

Impacto		Syh 6. Pérdida de bienes y servicios							Factor afectado			Selva y humedales											
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia			0.39			Interacciones positivas			3			Interacciones negativas			5			
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación					Construcción								Operación y mantenimiento										
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Delimitación áreas de aprovechamiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Desmante y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 					<ul style="list-style-type: none"> - Conformación de terraplenes (entronques). - Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). - Hincado Tubos de acero (ademe). 								<ul style="list-style-type: none"> - Operación superestructura. 										
Descripción del impacto		<p>Los ecosistemas forestales brindan numerosos servicios ambientales. En caso particular de las selvas y humedales algunos de los más importantes son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hábitat para especies de flora y fauna (especialmente de especies en la NOM-059) • Captura de CO2 • Belleza escénica y paisajismo natural • Servicios turísticos • Regulación del microclima • Regulación de los procesos hidrológicos naturales (filtración y recarga de mantos acuíferos) • Producción secundaria (en el caso particular de los manglares), la cual consiste en la generación de nutrientes para el desarrollo de especies que dependen de ello y que contribuyen en la cadena trófica. Un beneficio muy reconocido por este servicio ambiental es la contribución en la producción pesquera. <p>Estos servicios ambientales, se pueden ver afectados en la medida en que la cobertura forestal de estos ecosistemas se vea reducida, en ese sentido y sin las correspondientes medidas de control.</p> <p>Sin embargo, para este Proyecto, este impacto se consideró indirecto (Consecuencia: 1), dado que deriva de la pérdida de cobertura forestal, además puede ser un impacto medianamente reversible (Reversibilidad: 2) y recuperable (Recuperabilidad: 1), en tanto se apliquen las medidas mitigación pertinentes.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>La calidad ambiental de este factor se consideró medio a alto para los humedales, ya que de acuerdo con el estudio realizado para el ANFFMN (██████████) el 76% de los manglares está conservado, mientras que el 15 se observa degradado y el 9% se encuentra muerto. Es en estos últimos estados, en donde se deben redoblar esfuerzos para recuperarlos. Mientras que la selva presenta una degradación importante por el desarrollo del CIP Cancún y el consecuente desarrollo urbano sin la planeación adecuada, sumado a incendios forestales, impactos naturales por huracanes, mal manejo de residuos, relleno y dragado de humedales, interrupción de flujo hidrológico, modificación de barreras naturales, así como erosión costera entre otros, han sido causas de la pérdida de la cobertura vegetal original</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>En el Capítulo 6, se presentan las principales medidas (acciones) que contribuirán en la mitigación y compensación del impacto aquí descrito. Estas medidas forman parte del SGAS del Puente Vehicular Nichupté y se distribuyen en los siguientes subprogramas: a) Subprograma de Manejo de Áreas de Conservación (SMAC), b) Subprograma de Rescate y Manejo en Vivero (SRMV) y, Reforestación (SRAAT); además del Programa que contiene a la medida compensatoria para la Rehabilitación de 206.6ha de manglares degradados y muertos en coordinación con la CONANP (PRMAAM).</p>

Impacto		Syh 7. Incremento de bienes y servicios						Factor afectado			Selva y humedales												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		S		Índice de incidencia		0.78			Interacciones positivas			4			Interacciones negativas		0						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción						Operación y mantenimiento													
- Difusión, capacitación y aseguramiento.				- Restauración áreas de aprovechamiento temporal.						- Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP.													
Descripción del impacto		<p>Este impacto positivo estará ligado directamente al mantenimiento e incremento de la cobertura vegetal de selva y humedales, lo cual se logrará: a) primero a través de la reforestación y restauración de las 2.3602 ha de áreas de aprovechamiento temporal una vez que concluyan las actividades de construcción, b) mediante la cesión de una superficie de 305.85 ha a favor de la SEMARNAT para contribuir a incrementar la superficie de conservación de humedales del ANP Manglares de Nichupté y c) la aplicación de recursos económicos para la rehabilitación de 306.6 ha de manglares deteriorados en el SAR del Proyecto.</p> <p>Se estarían incrementando los bienes y servicios asociados a una superficie de 306.6 ha (PRMAAM) + 2.3602 ha (reforestación de áreas temporales) y, se aseguraría el mantenimiento de los bienes y servicios en una superficie de 305.85 ha (Cesión de derechos).</p>																					
Calidad ambiental del factor afectado		<p>Las selvas dentro de Cancún, se distribuyen en forma de micro parches discontinuos en las zonas de menor inundación.</p> <p>En el SAR, este tipo de vegetación se localiza en las zonas más elevadas del terreno formando parcelas por la fragmentación provocada por la urbanización en la zona centro norte del SAR. La vegetación característica de este ecosistema está compuesta, por: Haematoxylum campechianum (palo de tinte), Bucida buceras (pukté) y Pachira aquatica (zapote de agua). Además, se ubican especies como Cedrela odorata (cedro), Bursera simaruba (chaca o palo mulato), Ficus carica (ficus), Metopium brownei (chechén), Piscidia piscipula (jabín), entre otras. De acuerdo con los datos del levantamiento LIDAR, la altura promedio de esta asociación es de aproximadamente 6 m. Es un tipo de vegetación sumamente perturbada por la fragmentación ya comentada, durante los recorridos de campo se observó que, en muchos casos, es utilizada para depositar residuos sólidos.</p>																					

<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Las propias medidas de mitigación que compromete el promovente son las que dan el efecto positivo a este impacto y que consisten en: a) reforestar las áreas que serán utilizadas de manera temporal por el Proyecto y que actualmente cuentan con una calidad ambiental baja por lo que, en consecuencia, se espera que su calidad incremente (a través del SRAAT). b) se cederán a favor de la SEMARNAT una superficie de 305.85 ha para contribuir a incrementar la superficie de conservación de humedales del ANP Manglares de Nichupté y c) se aplicarán recursos económicos para la rehabilitación de 306.6 ha de manglares deteriorados en el SAR del Proyecto (PRMAAM).</p> <p>Lo anterior en el marco de lo establecido por la LGEEPA, LGDFS y la LGDVS.</p>
--	---

Impacto		Syh 8. Disminución de productividad por efecto de sombra						Factor afectado			Selva y humedales												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		D		Índice de incidencia		0.33			Interacciones positivas			5			Interacciones negativas		2						
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción						Operación y mantenimiento											
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Construcción de losa rodamiento. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Operación superestructura. 											
Descripción del impacto		<p>La construcción del puente representa una estructura que producirá una sombra proyectada hacia la superficie, que en este caso en particular se trata principalmente de un cuerpo de agua y hacia los extremos diferentes asociaciones vegetales que incluye remanentes de selva y humedales costeros. Con respecto a la información disponible por la presencia de este tipo de infraestructura sobre la vegetación es escasa, sin embargo, si se cuenta con información acerca de efectos fisiológicos de la exposición a la radiación solar directa o a la sombra en diferentes magnitudes. La sombra que proyectará el puente no será estática a lo largo del día ni a lo largo del año, por lo que no se espera un efecto negativo sobre la vegetación, por el contrario, se espera que al reducir la intensidad de radiación solar en áreas que están expuestas permanentemente y sujetas además a un estrés hídrico y de pocos nutrientes la vegetación puede verse favorecida y mejorar su desarrollo. Sin embargo, por principio precautorio, junto con la vegetación se va a monitorear la luz. El impacto no se considera acumulativo ni sinérgico, de largo plazo según sea la vida útil del proyecto. Será asimilable de forma natural por el entorno y su efecto no rebasará la ZII, por lo que este impacto se considera despreciable.</p> <p>De manera particular se indica que, considerando que la superficie de rodamiento será de 14.9m, se estima que la superficie de sombra debajo del Puente será de 12.4876 ha, de las cuales, se estima que 0.2979 ha correspondan a vegetación de selva.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Las modificaciones en la hidrología del Sistema Lagunar Nichupté al carecer de intercambio con el mar de forma natural más allá de la boca norte y boca sur, han alterado el hidro periodo de los humedales en la periferia del cuerpo de agua lo que los hace más susceptibles cuando se presentan periodos de sequía y al estar expuestos permanentemente a alta radiación solar y esta es la condición en que se encuentra la mayor parte de los humedales del sistema, aun cuando se han adaptado a las condiciones, la información histórica presentada en estudios científicos para la zona, han registrado los cambios en la cobertura vegetal, lo que lleva a una pérdida de productividad. Con la implementación de las medidas de prevención y mitigación planteadas, se espera que, el Proyecto tenga un efecto positivo. En cuanto a la flora acuática, los resultados de los estudios de LBA y la literatura disponible para la zona, reportan que la calidad del agua ha ido en detrimento y la calidad de luz que llega al fondo del cuerpo lagunar es muy baja, esto se debe a la turbidez el agua. Al desplazarse la sombra del puente a lo largo del día y del año, no se espera que haya un efecto negativo mayor que el que ejerce la turbidez permanente del agua en el sistema.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>El promotor del Proyecto ha comprometido dentro del Programa de Manejo Integral de la Vegetación y el de Monitoreo de la vegetación y del Sistema lagunar y biota acuática, evaluar el efecto que pudiera tener la sombra sobre estos componentes. Los detalles se pueden consultar en el Capítulo 6 de esta MIA.</p>

m. Pastos Marinos

Impacto		PM 1. Pérdida temporal de superficie					Factor afectado			Pastos marinos (vegetación acuática)													
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia		0.56			Interacciones positivas			6			Interacciones negativas		6					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción						Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar. - Implementación sistema señalización ambiental. - Estudios geofísica y geotécnicos. 				<ul style="list-style-type: none"> - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Acceso y operación de barcazas. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Iluminación viaducto (Incidencia de luz solar) - Operación superestructura. - Recuperación de zonas afectadas de pastos marinos. 													
Descripción del impacto		<p>Durante el proceso constructivo del tramo 4 lagunar, se considera el desarrollo del sistema constructivo “SemiTop-Downcon JackUp o barcazas” se implementará en el tramo del Cuerpo de Agua del puente, con una longitud de 6.72 km, siendo el tramo más largo del proyecto. Generalmente está formada por tres patas que soportan una cubierta flotante las cuales se fijan al fondo marino y la cubierta se desliza sobre ellas colocándose al nivel de la superficie del mar. Dicho sistema está delimitado por la profundidad de las aguas someras, controlando el acceso mediante medios marinos, cuyo tamaño y capacidad están restringidos. Cualquier embarcación propuesta debe de tener como máximo un Calado de 2 mts.</p> <p>Este sistema pretende hincar las pilas o pilotes en los espacios que previamente se ubicaron para evitar la mayor afectación a los pastos marinos, sin embargo, se reconoce que el propio hincado de los pilotes y la posible suspensión de sedimentos puede tener un efecto negativo sobre este tipo de vegetación. Sin embargo, es importante retomar los estudios de calidad de agua donde identifican metales pesados e hidrocarburos en el tejido de los pastos marinos, por lo cual el efecto no se potencializa, ya que está presente.</p> <p>En tal sentido se reconoce que la afectación, sin embargo, se ha visto para otros sitios afectados o en proyectos con colocación de estructuras o arrecifes artificiales marinos que se da una proliferación de pastos marinos posterior a su colocación. Por lo tanto, la afectación al factor Pastos sobre perdida temporal de superficie se considera no significativa, temporal y recuperable.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>Para entender la condición de los pastos marinos en el sistema, se realizó un estudio que contextualiza la importancia económica y ecológica de los pastos marinos dentro del SLNB. El diagnóstico de la condición ecológica consideró la evaluación de las características ambientales de la columna de agua y sedimentos que permiten el asentamiento y desarrollo de las praderas; así como características morfológicas, distribución, y extensión dentro del SLNB, adicionándole algunos elementos a nivel paisaje y haciendo especial énfasis en las zonas por donde el trazo del proyecto tiene posibilidades de impactar a este ecosistema.</p> <p>Los resultados indicaron que en el 43.7% de los sitios visitados en el SLNB se encuentran bajo estrés (condición regular) en cuanto a cobertura, densidad y características de transparencia del agua. En este sentido es de especial interés enfocarse en el efecto que tendrán los métodos constructivos a utilizar para evitar que la condición de esta zona se deteriore aún más. Específicamente donde se está proponiendo el trazo del proyecto el ecosistema de pastos marinos está en condición de regular a buena (>75%). Es importante resaltar que aun cuando la mayor parte del trayecto del PVN transcurre en donde los pastos marinos están en condición regular a buena, los pilotes están ubicados en las porciones de parches de Thalassia T, por lo cual la afectación es menor y no significativa para el sistema, ya que se considera de manera temporal.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>De acuerdo a diferentes pláticas con especialistas, la restauración o incluso el rescate de pastos marinos aun no da resultados positivos, por más que se han probado diferentes métodos, sin embargo, a través del CRIP Puerto Morelos se ha identificado las primeras posibilidades de desarrollo y crecimiento de pastos marinos en laboratorio. Por lo tanto, en coordinación con la institución antes mencionada y de la mano de los especialistas se intentará realizar procesos de rescate y trasplante de pastos in situ, además de apoyar en el proyecto que actualmente están realizando para determinar la posibilidad de repoblación de poblaciones de pastos en sitios afectados.</p> <p>Además, se establecerán sitios de Monitoreo, en términos del PMA que permitirá vigilar el estado de salud de los pastos y su biota asociada y evaluar los cambios que pudieran tener por efecto de la construcción y operación del puente, con el objetivo de establecer medidas preventivas y/o correctivas de manera oportuno.</p>

Impacto		PM 2. Pérdida de individuos en NOM 059					Factor afectado			Pastos marinos (vegetación acuática)													
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia		0.56			Interacciones positivas			10			Interacciones negativas		4					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción								Operación y mantenimiento											
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Trazo áreas de aprovechamiento permanente y temporal. - Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar. - Implementación sistema señalización ambiental. - Construcción y operación del vivero. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmante y despalme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 				<ul style="list-style-type: none"> - Forestación y creación de áreas verdes. - Instalaciones barreras antidispersión. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. 								<ul style="list-style-type: none"> - Recuperación de zonas afectadas de pastos marinos. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 											
Descripción del impacto		<p>Como se ha dicho el proceso constructivo “SemiTop-Downcon JackUp o barcasas” es un sistema hibrido que colocará las pilas sobre los espacios previamente identificaos en la MIA y de acuerdo a los resultados de los estudios de mecánica de suelos que resulten con lo cual algunas posiciones pueden variar evitando afectaciones a los pastos marinos.</p> <p>Durante el trazo del proyecto se encuentran 6 tipos de uso de suelo y vegetación, entre ellos esta: fango, manglar, Parches de <i>Thalassia t.</i>; Pastizal de <i>Halodule w.</i>; Pastizal mixto y praderas de <i>Thalassia t.</i> De los cuales en términos de afectación a pastos únicamente encontramos afectación en Parches de <i>Thalassia t</i> con una superficie de 0.03 ha y 0.07 ha en pastizal mixto. Es decir, la superficie de afectación es mínima considerando la proporción del proyecto.</p> <p>Sin embargo, la afectación a pastos marinos se mantiene en 0.03 ha, aunque es una afectación menor si tiene un impacto directo y permanente sobre los pastos, sin embargo, bajo los nuevos esquemas de desarrollo en laboratorio del CRIP de Puerto Morelos, se buscará que el impacto se temporal y recuperable.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>La norma 059-semarnat-2010 (Diario Oficial de la Federación, 2010), la designación de 8 de las 9 especies de pastos marinos bajo alguna categoría de riesgo o de protección ambiental. Para la zona del trazo y las especies dominantes en el SLNB, <i>Thalassia testudinum</i> y <i>Syringodium filiforme</i> son las únicas especies de pastos marinos comprendidas dentro de la NOM-059-2010 como especies amenazada y en riesgo respectivamente.</p> <p>El contenido de materia orgánica (MO) en los sedimentos marinos es un indicador de la capacidad del sistema para retener e intercambiar nutrientes, controlar procesos de erosión y sedimentación (Calva-Benítez y Torres-Alvarado, 2011). La MO no presentó diferencias significativas entre las 6 zonas de estudio. El promedio fue de $8.8 \pm 3.7\%$ con un mínimo para la zona de río inglés ($7.6 \pm 1.2\%$) y un máximo de $9.8 \pm 3.3\%$ en la Zona de Tajamar. Sin embargo, la distribución espacial mostró marcada diferenciación entre la porción de Tajamar y Zona norte (9 a 25%) y las áreas cercanas a la zona hotelera (0.3 a 6%) del trazo del proyecto.</p> <p>La cobertura es una estimación rápida de la porción emergida de pastos marinos en términos de porcentaje. Las praderas de pastos marinos en SLNB fueron multispecíficas de <i>Thalassia testudinum</i> (Tt), <i>Halodule wrightii</i> (Hw) y <i>Ruppia mexicana</i> (Rm), dominadas por Tt, siendo esta especie la de mayor presencia en el sistema lagunar.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>De acuerdo a diferentes pláticas con especialistas, la restauración o incluso el rescate de pastos marinos aun no da resultados positivos, por más que se han probado diferentes métodos, son embargo a través del CRIP Puerto Morelos se ha identificado las primeras posibilidades de desarrollo y crecimiento de pastos marinos en laboratorio. Por lo tanto, en coordinación con la institución antes mencionada y de la mano de los especialistas se intentará realizar procesos de rescate y trasplante de pastos in situ, además de apoyar en el proyecto que actualmente están realizando para determinar la posibilidad de repoblación de poblaciones de pastos en sitios afectados.</p>

Impacto		PM 3. Contaminación por residuos (líquidos y sólidos) y sustancias tóxicas							Factor afectado			Pastos marinos (vegetación acuática)											
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia			0.50			Interacciones positivas			6			Interacciones negativas			9			
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Desmante y despalde (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras). 						<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones barreras antidispersión. - Acarreo de materiales desde bancos de préstamo. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Construcción de losa rodamiento. - Acabado superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas, y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos). 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Movilidad/Circulación de vehículos. - Mantenimiento de la superestructura. 								
Descripción del impacto		<p>Durante las etapas de preparación y construcción del proyecto, toda maquinaria que sea utilizada para operar en la Laguna o zonas adyacentes pasará por un proceso de verificación del supervisor ambiental para asegurarse que no existen ningún tipo de filtración de cualquier sustancia que pueda considerarse como contaminante. De igual manera toda la maquinaria que se utilice tendrá un proceso de mantenimiento continuo en los patios de resguardo, para asegurar el buen funcionamiento.</p> <p>Así mismo, no se prevé el uso de sustancias corrosivas o tóxicas durante el proceso de preparación, construcción, operación y mantenimiento del PVN. Aun cuando en el caso de la utilización de concretos para la construcción de la carretera, es importante mencionar que todos estos materiales estarán ya prefabricados y solo se transportarán para su colocación en la zona marina.</p> <p>En caso de derrame de combustibles o aceites por algún problema de mal funcionamiento de la maquinaria, se contará con equipos de rescate y control, es decir embarcaciones equipadas con barreras anti dispersantes y paños absorbentes, con lo cual se puede controlar inmediatamente cualquier posible derrame.</p>																					

	<p>En tal sentido, el impacto se considera no significativo, no acumulativo y no permanente, por lo que no se considera afectación en el SAR y ZID.</p>
<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>La mayor cobertura promedio de pastos dentro del sistema lagunar se registró en Bojórquez con $58.75 \pm 28.69\%$, seguida de la Zona Sur $52.11 \pm 25.35\%$ (Fig. 11) con praderas multi específicas dominadas por Tt, y Hw y monoespecíficas de Tt respectivamente. La cobertura promedio más baja se registró en la Zona Rio Ingles $17.86 \pm 16.80\%$ y se caracterizó por ser una pradera monoespecífica de Tt, mientras que en la Zona Central la cobertura fue de $39.4 \pm 30.12\%$ y se registró la presencia de tres especies de pastos marinos (Tt, Hw y Rm).</p> <p>Los metales son elementos utilizados en su mayoría en los sistemas biológicos, sin embargo, su concentración y estado químico definirán la toxicidad que para la biota puedan llegar a representar. En el caso de los elementos potencialmente tóxicos (As, Cd, Cr, Hg y Pb), concentraciones de microgramos por gramo pueden ser nocivas especialmente para los estadios primarios de los organismos. En el caso de Nichupté, la presencia de estos elementos ha sido brevemente documentada. Cejudo et al. (2009), muestran una breve retrospectiva histórica (12 años) de las concentraciones de metales pesados medidos en la Laguna Nichupté (Cancún, Quintana Roo).</p> <p>Como parte de los análisis de hidrocarburos y metales en validez de agua y componentes biológicos (manglar y pastos) se identificó la presencia de aluminio, arsénico, cadmio, mercurio, níquel, plomo, estaño, vanadio, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, hidrocarburos totales, en proporciones mucho mayores que lo que permite la NOM-001-SEMARNAT-1996.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Dadas las condiciones de deterioro del propio sistema lagunar y la presencia de metales e hidrocarburos en los componentes ambientales, es poco probable discernir el día de mañana si un nuevo evento de contaminación tendrá que efectos sobre el sistema, para ello, durante el proceso de preparación y construcción se realizarán las verificaciones necesarias de las maquinarias utilizadas, llevando un registro de bitácoras, donde se lleve el control de mantenimiento preventivo y reparaciones a los equipos y maquinarias a utilizar en el tramo 4 lagunar del proyecto. Esto, mediante el seguimiento del PSACA y el PVA.</p> <p>De igual manera, durante todo el proceso constructivo habrá un supervisor ambiental que este verificando el cumplimiento de estas disposiciones. A través del PSGA.</p> <p>De igual manera, mediante el PMA, se deberán hacerse semestralmente monitoreos de calidad de agua e hidrocarburos (incluso para manglares y pastos) basados en la siguientes normas: NMX-AA-051-SCFI-2016 para metales en agua, la NMX-AA-132-SCFI-2006 para el muestreo de sedimento, las NMX-AA-074-SCFI-2014, NMX-AA-073-SCFI-2001, NMX-AA-072-SCFI- 2001, NMX-AA-036-SCFI-2001 para la cuantificación de sulfatos, cloruros, dureza y alcalinidad respectivamente, Noreña, et.al, (2007) PAHs en sedimentos y Wade, et.al, (1988) para PAHs en agua y sedimentos.</p>

Impacto		PM 4. Resuspensión y acarreo de sedimentos					Factor afectado					Pastos marinos (vegetación acuática)											
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia		0.67			Interacciones positivas			5			Interacciones negativas		6					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Estudios geofísica y geotécnicos. 						<ul style="list-style-type: none"> - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera. - Hincado Tubos de acero (ademe). - Perforación y extracción de materiales para pilas. - Colado de pilas. - Acceso y operación de barcazas. 									<ul style="list-style-type: none"> Recuperación de zonas afectadas de pastos marinos. Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								
Descripción del impacto		<p>Durante el proceso constructivo del tramo 4 lagunar, se considera el desarrollo del sistema constructivo "SemiTop-Down con JackUp o barcazas" se implementará en el tramo del Cuerpo de Agua del puente, con una longitud de 6.72 km, siendo el tramo más largo del proyecto. Generalmente está formada por tres patas que soportan una cubierta flotante las cuales se fijan al fondo marino y la cubierta se desliza sobre ellas colocándose al nivel de la superficie del mar. Dicho sistema está delimitado por la profundidad de las aguas someras, controlando el acceso mediante medios marinos, cuyo tamaño y capacidad están restringidos. Cualquier embarcación propuesta debe de tener como máximo un Calado de 2 mts.</p> <p>Este proceso considera el hincado de las pilas a través de la colocación de ademes o encamisados que contengan los sedimentos o fondos marinos, los cuales en su caso serán recuperados, retirados del sitio y vertidos a sitios de tiro autorizados. De igual manera, las barcazas contendrán la Re suspensión de posibles sedimentos con mallas geotextiles.</p> <p>En tal sentido, siguiendo las recomendaciones anteriores el impacto se considera poco significativo, no acumulativo y no permanente, por lo que no se considera afectación en el SAR y SIA.</p>																					

<p>Calidad ambiental del factor afectado</p>	<p>La condición en la calidad del agua podría explicar la poca variabilidad observada en la densidad de haces de <i>Thalassia t</i>; en condiciones de estrés, las plantas clonales como estrategia de supervivencia engrosan el tallo para mantener estable la densidad de haces en la pradera y disminuir la mortandad de nuevos brotes. De igual manera, los bajos valores en la densidad de haces de esta zona pueden estar relacionados con la disminución de la calidad del agua que esta zona ha sufrido a lo largo del desarrollo de la ciudad de Cancún.</p> <p>Se midió en 100 estaciones la profundidad del fondo con un profundímetro (HONDEX PS-7). El porcentaje de luz incidente (400 - 700 nm) sobre los pastos marinos se obtuvo midiendo la radiación fotosintéticamente activa (PAR) con una consola Li-COR (LI-250-A) y un sensor submarino cuántico esférico (LI-193). Los datos sirvieron para que con la fórmula propuesta por Kirk (1983) estimar los coeficientes de extinción de luz (Kd). La salinidad y temperatura se midieron con una sonda multiparamétrica YSI Professional Plus. Estas características son indicadoras de las condiciones de la columna de agua y la presencia de pastos marinos.</p> <p>El largo y ancho del dosel de pastos marinos son características que reflejan condiciones de la columna de agua y reflejan en gran medida las respuestas de los productores primarios a perturbaciones naturales o antrópicas. El producto de estas dos variables (Área foliar) representa una magnitud de la capacidad fotosintética de la planta. La altura promedio del dosel fue de 18.14 ± 6.95 cm, registrándose el valor mínimo en la Zona Río Inglés y Bojórquez con valores que van de 16.3 y 17.4 cm. El valor máximo y con mayor variabilidad en el dosel de Tt se observó en la Zona Sur con 21.04 ± 9.0 cm.</p> <p>La concentración de nutrientes en la columna de agua y sedimento es un factor que puede estar relacionado con la variación en la altura del dosel (Erfemeijer, 1994). Además, el aumento excesivo en el aporte de nutrientes en la columna de agua significa mayor proporción de materia orgánica, lo que disminuye la disponibilidad de luz, impactando directamente a los procesos fotosintéticos de la planta (Ralph et al., 2007).</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Dadas las condiciones antes descritas, se considera que la resuspensión de sedimentos y su movimiento va a traer poca afectación a la condición actual de los pastos marinos. Sin embargo, la colocación de mallas geotextiles en cada proceso de perforación e hincado de pilotes, así como la extracción del material excedente de sedimentos y su apropiada disposición final en sitios de tiro evitarán afectaciones a los pastos marinos y la vegetación presente. Estas medidas están contempladas dentro del PMIR y el PSACA del SGAS de esta MIA.</p> <p>De igual manera en coordinación con el CRIP de Puerto Morelos se propondrán algunas medidas de rescate y reubicación como pruebas piloto para identificar las mejores acciones de manejo.</p>

Impacto		PM 5. Fragmentación									Factor afectado			Pastos marinos (vegetación acuática)									
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia			Duración		Recuperabilidad		Extensión		
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		NS			Índice de incidencia		0.44			Interacciones positivas			4			Interacciones negativas		1					
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación						Construcción									Operación y mantenimiento								
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. 						<ul style="list-style-type: none"> - Hincado Tubos de acero (ademe). 									<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. 								
Descripción del impacto		<p>Como se ha mencionado el tramo 4 Lagunar tendrá una longitud de 6.72 km lineales, la conformación de la estructura será modular, con pilas de acero y concreto piloteadas en proporción de 3:1, empotradas en la roca caliza. La distancia entre los centros de las pilas será de 5.4 m. Las pilas tendrán un diámetro aproximado de 1.50 m, lo cual representa la superficie de afectación directa de 1.77m² por pila. La superestructura se sostendrá a través de 660 pilas de acero, 483 de ellas sobre el cuerpo lagunar y 177 pilas sobre zonas con vegetación de sabana, manglar y selva baja y secundaria.</p> <p>Dada esta distribución, la superficie de ocupación y la distancia entre pilas no se espera que el ambiente marino vinculado a pastos y vegetación acuática se vea afectada, es decir no se espera fragmentación de hábitat. Por lo cual se puede concluir que el factor evaluado no tendrá afectación significativa, será temporal y acumulativa.</p>																					
Calidad ambiental del factor afectado		<p>La condición ecológica deseable de un sistema natural puede definirse como aquellas características que permiten al sistema mantener y adaptar los componentes y procesos ecológicos que lo conforman, de forma equiparable al estado prístino o de referencia (Campbell, 2000; Parrish et al., 2003). La condición del componente biológico fue evaluada a partir del enfoque propuesto por Herrera-Silveira y Morales-Ojeda (2009) con la incorporación de 4 indicadores que reflejan aspectos como la salud, integridad de las praderas de pastos marinos a escala poblacional, estructural, funcional y del paisaje resumidas en 7 variables. Características poblacionales de las praderas que conforman el paisaje de pastos marinos en SLNB se evaluó a partir de la densidad de haces de <i>T. testudinum</i>. La estructura de la planta fue evaluada a partir de la cobertura y biomasa total de pastos marinos. Por otra parte, se utilizó la proporción del tejido epigeo/hipogeico y el IAF como reflejo de la respuesta de la planta a las condiciones del medio y como reflejo de la condición del paisaje se utilizó el número y extensión de parches de pastos marinos de acuerdo con el mapa de la distribución de pastos marinos.</p>																					

	<p>La zona con mayor cobertura de pastos marinos se registró al norte del SLNB dentro de la Zona Bojórquez (~50%); sin embargo, hasta el 2004 la cobertura de pastos para estas zonas osciló entre 70 y 80% (Herrera- Silveira, 2006). Esta disminución en la cobertura de los pastos marinos podría estar relacionada al aumento de las actividades turísticas al interior de la laguna. Herrera-Silveira (2006) asoció la disminución de la cobertura de pastos marinos en esta zona con el aumento en el tráfico de embarcaciones y a la eutrofización.</p> <p>Las zonas con interés por coincidir con el trazo del proyecto (Zonas de Tajamar y Norte) presentan coberturas de pastos marinos de altas (75 a 100%) a muy bajas (<5%) con un promedio de $34 \pm 21.7\%$. La presencia de praderas de pastos marinos de mayor cobertura (>75%) se encuentra hacia las zonas someras de la zona de Tajamar y Norte; que corresponden espacialmente al inicio y final del trazo del proyecto.</p> <p>Las condiciones observadas en las zonas del trazo del proyecto (Tajamar y Norte) sugieren una alta variabilidad en la densidad de clones dominantes en praderas de <i>Thalassia testudinum</i> lo que sugiere un desarrollo natural con bajo nivel de impacto, condición que deberá protegerse con medidas de mitigación durante el proceso constructivo del proyecto.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Ahora bien, aun cuando no se esperan procesos de fragmentación dada la conceptualización del proceso de construcción del PVN, es de considerar la necesidad de favorecer la conectividad entre los sistemas. Para ello se implementará el programa piloto que tiene actualmente el CRIP de Puerto Morelos para el desarrollo, crecimiento y repoblación de poblaciones de pastos marinos, con desarrollo en laboratorio. De igual manera, se propone un esquema de monitoreo trimestral durante la construcción y semestral durante los primeros 3 años en conjunto para determinar el efecto de este programa, así como el efecto de las pilas sobre las comunidades ya establecidas.</p>

Impacto		PM 6. Pérdida de bienes y servicios						Factor afectado			Pastos marinos (vegetación acuática)												
Valoración de Atributos del impacto																							
Naturaleza		Consecuencia		Acumulación		Sinergia		Temporalidad			Reversibilidad			Ocurrencia		Duración		Recuperabilidad		Extensión			
1	-1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1
Significancia		D		Índice de incidencia		0.33			Interacciones positivas			5		Interacciones negativas		2							
Actividades generadoras del impacto por etapa																							
Preparación				Construcción						Operación y mantenimiento													
<ul style="list-style-type: none"> - Difusión, capacitación y aseguramiento. - Implementación sistema señalización ambiental. - Estudios geofísica y geotécnicos. 				<ul style="list-style-type: none"> - Hincado Tubos de acero (ademe). 						<ul style="list-style-type: none"> - Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales. - Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP. - Operación superestructura. 													
Descripción del impacto		<p>Como se ha mencionado el tramo 4 Lagunar tendrá una longitud de 6.72 km lineales, la conformación de la estructura será modular, con pilas de acero y concreto piloteadas en proporción de 3:1, empotradas en la roca caliza. La distancia entre los centros de las pilas será de 5.4 m. Las pilas tendrán un diámetro aproximado de 1.50 m, lo cual representa la superficie de afectación directa de 1.77m² por pila. La superestructura se sostendrá a través de 660 pilas de acero, 483 de ellas sobre el cuerpo lagunar y 177 pilas sobre zonas con vegetación de sabana, manglar y selva baja y secundaria.</p> <p>Dada esta distribución, la superficie de ocupación y la distancia entre pilas no se espera la pérdida de bienes y servicios ambientales en los pastos y vegetación acuática. Por lo cual se puede concluir que el factor evaluado es despreciable en cuanto a su significancia, será temporal y reversible.</p>																					
Calidad ambiental del factor afectado		<p>De acuerdo con la evaluación de los Ecosistemas del Milenio de las Naciones Unidas; podemos definir a los servicios ambientales como todos aquellos beneficios que un ecosistema brinda a las personas (MEA, 2005). Estos servicios son fundamentales para el mantenimiento de la vida, bienestar y desarrollo socioeconómico de los seres humanos (Cullen- Unsworth et al., 2014). Para su estudio, los servicios ambientales suelen clasificarse en cinco grandes tipos; de servicios, de provisión, regulación, sustento y culturales. Los de provisión producen bienes, como alimento, fibras y agua; por ejemplo, los beneficios por disponibilidad de hábitat y zonas de refugio que los pastos marinos brindan para peces de importancia pesquera y/o invertebrados, son cruciales para la vida de la comunidad local.</p>																					

	<p>Los servicios de regulación de los pastos promueven el mantenimiento de la calidad del aire y el suelo, el control de las enfermedades y las plagas, además están relacionados con la función de contrarrestar procesos de erosión, ya que reducen el efecto del oleaje y evitan el transporte de sedimentos reteniéndolo en sus raíces. Protegen la costa durante tormentas y huracanes y también contribuyen a la mitigación del cambio climático con el papel de sumideros de carbono.</p> <p>Los servicios de sustento son todos aquellos que mantienen en funcionamiento a los ecosistemas, como la productividad primaria, que genera los nutrientes base de las cadenas tróficas y el oxígeno atmosférico; finalmente, los servicios culturales contribuyen a crear una percepción social de bienestar; son inmateriales y pueden ser estéticos, recreativos, espirituales o educativos; están frecuentemente asociados al turismo y al valor estético pues entre las especies que utilizan el hábitat de pastos marinos están los sirénidos (dugones y manatíes) tortugas marinas, caballitos de mar entre otros.</p> <p>Short et al. (2011) menciona una estimación de \$34,000 dólares por hectárea al año, tomando como referencia los 5 tipos de servicios descritos para los pastos marinos. Los pastos marinos del SLNB proveen servicios de provisionamiento, siendo hábitat de refugio para otras especies como peces juveniles, invertebrados y cocodrilos. Servicios de regulación al estabilizar el sustrato lagunar y como biofiltro de los sedimentos circundantes al ecosistema de manglar, además de contribuir con la acumulación de carbono en los sedimentos estabilizados a través del tiempo. En este último caso se les considera ecosistema clave en la mitigación de los efectos del cambio climático, por lo que cuidado especial debe tener de no perturbar los suelos acumulados en las praderas de pastos marinos.</p>
<p>Medidas para la mitigación del impacto</p>	<p>Es necesario plantear un monitoreo de las condiciones de luz y transparencia de la columna de agua, así como la ubicación y seguimiento de parches de pastos marinos durante y posterior a la obra permitirá definir los impactos generados.</p> <p>Por otra parte, gracias a los estudios realizados para la presente MIA-R se cuenta con un acervo bibliográfico que sirve como línea base de las condiciones de calidad de agua, contaminación, manglares, pastos marinos, por lo que se recomienda mantener estos monitoreos con el fin de establecer un tablero de control o línea de manejo que permita identificar que está pasando en el sistema y que ajustes son necesarios aplicar en el manejo sustentable de los recursos, de esta manera aseguraremos que se mantengan los bienes y servicios e incluso se mejoren.</p>

5.4.3. Impactos acumulativos

En atención a lo que establece la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos acumulativos, entendidos como aquellos que resultan del incremento de los impactos de acciones particulares, ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente (Art. 3 Fracción VII del mismo reglamento).

El análisis de los impactos ambientales de este tipo se basó en la determinación de las desviaciones de la “línea base o cero” originadas por efectos aditivos, considerando que el proyecto no es la única fuente de cambio en el SAR. Por ello fue importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el proyecto interactúa.

En este contexto, la CONABIO aporta datos útiles sobre la problemática ambiental actual en el área del Proyecto a través de su Programa de Identificación de Regiones Prioritarias. El objetivo principal de este ejercicio es “incluir toda la heterogeneidad ecológica que prevalece dentro de un determinado espacio geográfico para, así, proteger hábitats y áreas con funciones ecológicas vitales para la biodiversidad, las cuales no hubiesen sido consideradas con otro tipo de análisis” (CONABIO 2008).

La problemática que presenta esta región está dada por tres factores principales:

1. Modificación del entorno: debida a la tala de manglar, relleno de áreas inundables, desvío de cauces, descargas de agua dulce y a las actividades de exploración y producción petrolera.
2. Contaminación: por desechos sólidos, aguas residuales provenientes de la zona urbana y zona turística, agroquímicos, fertilizantes, metales pesados, por arrastre de plaguicidas y zonas deforestadas.
3. Especies en riesgo: por sobreexplotación o por modificación y/o destrucción de su hábitat.

Entre las principales amenazas detectadas desde el criterio de conservación de humedales se encuentran la fuerte presión para cambiar el uso de suelo en zonas de manglar. Los factores que afectan y han afectado ecológicamente al sitio son: los asentamientos humanos, el desarrollo turístico de la zona, políticas inadecuadas de la promoción de proyectos, contaminación por pesticidas y cambio de uso de suelo.

La identificación de los impactos acumulativos se realizó considerando esta información, así como los resultados de las matrices de significancia, el juicio de expertos y la interpretación geográfica. De esta forma se identificaron 13 impactos acumulativos negativos y tres positivos, los cuales se enlistan en la Tabla 5. 16 y se describen a continuación.

Tabla 5. 16. Impactos acumulativos identificados para el proyecto.

NEGATIVOS		POSITIVOS	
Temporales	Permanentes	Temporales	Permanentes
<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación al aire por polvos, ruido y GEI • Contaminación por residuos (líquido y sólidos) y sustancias tóxicas al: <ul style="list-style-type: none"> • Agua • Suelo • Fondo lagunar • Acuífero • Manglar • Selva y humedal • Pastos marinos • Resuspensión de sedimentos y liberación de contaminantes retenidos en sedimentos y contaminación al: <ul style="list-style-type: none"> • Agua • Suelo • Fondo lagunar • Acuífero • Pérdida de bienes y servicios del: <ul style="list-style-type: none"> • Manglar • Selva y humedal • Pastos Marinos • Migración de fauna y pérdida de individuos 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de suelo • Modificación de ambientes naturales (paisaje) • Fragmentación: <ul style="list-style-type: none"> • Paisaje • Manglar • Selva y humedal • Alteración hidrológica superficial zona terrestre • Alteración corrientes zona lagunar • Resuspensión y acarreo de sedimentos (pastos marinos) 		<ul style="list-style-type: none"> • Bienestar social: <ul style="list-style-type: none"> • Atención emergencias (accidentes, incendios y seguridad). • Atención a contingencias ambientales. • Calidad de vida y salud • Creación y mejora de servicios. • Creación de empleos directos e indirectos. • Incremento flujo de bienes y servicios. • Fortalecimiento del destino turístico. • Manglar: Incremento de bienes y servicios por Programa de Rehabilitación • Selva y humedales: Incremento de bienes y servicios por Programa de Rehabilitación

<ul style="list-style-type: none"> • Perdida de individuos en la NOM-059 de fauna y flora • Fragmentación de pastos marinos 			
---	--	--	--

Fuente: Generación propia GPPA SC.

La **contaminación por residuos y sustancias tóxicas sobre los diferentes factores**, se calificó como acumulativo pero temporal, debido a que de acuerdo con los estudios que se realizaron para el SAR (Capítulo 4 y Anexos) las condiciones actuales del Sistema demuestran que cuentan con evidencia de contaminación por metales y descargas de aguas residuales, así como de hidrocarburos; esto dado por el propio desarrollo del CIP Cancún, las construcciones que actualmente se desarrollan y las que ya se encuentran en operación; así como por el uso de las embarcaciones y demás servicios que se ofrecen al interior de la Laguna. Por lo que El Proyecto con las actividades, principalmente durante su preparación y construcción, podría contribuir a la contaminación de los diferentes factores de no llevarse adecuadamente las medidas, por lo que la correcta implementación del SGAS favorecerá a la mitigación de este impacto y que se evite la acumulación con el estado actual del Sistema.

De manera particular, la contaminación del fondo lagunar se calificó como un impacto acumulativo temporal ya que en el SAR del proyecto las actividades turísticas y urbanas han vertido sustancias y residuos contaminantes a la laguna desde hace varias décadas, los cuales se han acumulado en el fondo. Los residuos sólidos, líquidos y peligrosos que se generen como resultado del desarrollo del proyecto serán estrictamente manejados y dispuestos de manera adecuada para evitar que lleguen a la laguna. El proyecto contará con un Programa de Manejo de Residuos que formará parte del SGAS que se describe con detalle en el Capítulo 6 de esa MIA-R, mediante el cual se evitará este impacto por lo que se consideró No Significativo.

La **Resuspensión de sedimentos** se consideró un impacto acumulativo temporal que se deberá únicamente a las embarcaciones que trasladarán los materiales para la construcción del puente, así como por las propias labores del hincado de los tubos de acero para el colado de las pilas de modo que este impacto únicamente se presentará cuando se estén

realizando estas actividades; sin embargo, se consideró como acumulativo ya que actualmente la laguna presenta un uso por actividades recreativas turísticas que se realizan en la misma como uso de embarcaciones menores y moto skies mismas que, sin una adecuada reglamentación y cuidado, pueden provocar la Resuspensión. Como se describió en su ficha. También, se consideró el efecto acumulativo por la **liberación de los contaminantes asociados a estos sedimentos** (y observados y reportados en los estudios Anexos 4.5 a 4.9), por lo que, para su control, el Proyecto prevé el PMIR y el PSAC para evitar la dispersión de los contaminantes y realizar el manejo de estos lodos de acuerdo con lo establecido en las NOM-161-SEMARNAT-2011, NOM-052-SEMARNAT-2005 y la NOM-004-SEMARNAT-2004.

La **contaminación del aire por ruido, GEI y polvos** se calificó como un impacto acumulativo temporal debido a que la maquinaria y equipo necesarios para la construcción y el mantenimiento del puente son fuentes generadoras de emisiones, y a que en la zona existen diversas fuentes adicionales de este tipo de contaminación derivadas del desarrollo urbano y turístico que ahí existe. Sin embargo, se consideró No Significativo debido a que las etapas de preparación y construcción durarán en conjunto alrededor de 22 meses y son durante estas etapas donde se podría generar la mayor emisión de polvos, ruido y GEI por maquinaria y actividades de los trabajadores. Durante la etapa de operación la generación de ruido por el uso de maquinaria pesada será esporádica y debida a las labores de mantenimiento de la vialidad. El ruido generado por los vehículos que transiten sobre la vialidad será poco perceptible debido a la altura del puente (Como se describió en su ficha.), para el control de las emisiones de GEI, con la construcción del puente se busca mejorar la movilidad urbana y turística y con ello disminuir la generación de GEI ocasionada por el tráfico en el único boulevard de desahogo actualmente existente y el consecuente incremento del consumo de combustible.

La **pérdida de individuos de biota lagunar** se consideró como un impacto acumulativo temporal ya que el Proyecto no es de tipo extractivo en ninguna de sus etapas, sin embargo, para la colocación de las estructuras de cimentación en la zona lagunar se requerirá del aprovechamiento permanente de fondo lagunar. Además, se consideró como acumulativo, debido a las actividades que actualmente se realizan en la laguna, como el tránsito de embarcaciones menores y pesca. Durante la construcción el Proyecto se espera que se presente la pérdida de algunos individuos de fauna bentónica principalmente, que no hayan

podido capturarse durante las labores de rescate de biota lagunar que se realizarán de manera previa al resto de las actividades del proyecto. No obstante, este impacto se consideró No significativo debido a que la abundancia de biota lagunar es baja en el área donde se ubica el proyecto, tal y como se explica en su ficha y como se previó en su diseño buscando disminuir el riesgo de alteración del fondo y su biota asociada.

La **pérdida de individuos de fauna terrestre** se identificó como impacto acumulativo temporal debido a que en el SAR hay constantemente actividades constructivas. El proyecto no es extractivo en ninguna de sus etapas, sin embargo, podrá implicar la pérdida de individuos de fauna durante las labores de construcción del mismo. Por otra parte, durante la etapa de operación existe la posibilidad de que se presenten colisiones entre aves y los vehículos que circulen sobre la vía. No obstante, este impacto se consideró Despreciable debido a que se realizarán acciones de rescate de fauna previas al desarrollo del resto de las actividades del proyecto, así como a que la probabilidad de que ocurran colisiones de fauna silvestre con la vialidad elevada o los vehículos que circulan sobre ella será muy baja. Por otro lado, el desarrollo de las diversas actividades económicas y la expansión de la mancha urbana en el SAR desplazan a diversas especies de fauna y/o modifican las áreas que usan para refugio, alimentación o reproducción. No obstante, este impacto se consideró Despreciable toda vez que el Proyecto es una vialidad elevada entre 3 y 10 m sobre el nivel del terreno natural, que estará sostenida sobre pilas entre las cuales existirán espacios libres de 30 m de longitud y en donde no se modificará la cobertura vegetal de manera directa. La modificación del hábitat para las especies de fauna por el desarrollo del proyecto no será significativa, sin embargo, algunas especies sensibles al ruido o a la presencia humana preferirán desplazarse a otros sitios para refugiarse, alimentarse y/o reproducirse. Esto se explica con detalle en su ficha.

La **pérdida de individuos de flora terrestre** y, en particular de las **especies enlistadas bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010** se consideró un impacto acumulativo temporal debido a que en el SAR se registran actividades que requieren la remoción de árboles y plantas silvestres de forma aislada, principalmente por la expansión de la mancha. El proyecto no es extractivo en ninguna de sus etapas, sin embargo, requerirá de la remoción de algunos ejemplares de árboles en la selva baja con desarrollo secundario y con presencia de individuos de mangle para adecuar las áreas de aprovechamiento. Se consideró despreciable debido a que la densidad de estos

organismos en las áreas de aprovechamiento del proyecto es baja, además, se llevarán a cabo diversas medidas de control, partiendo de un Programa de Manejo Integral de la Vegetal mediante el cual se llevarán a cabo actividades de rescate y reubicación temporal en un vivero, en segundo lugar, se realizarán esfuerzos para reforestar el área de aprovechamiento temporal a través del SRAAT y de la medida de compensación mediante la cual se rehabilitará y mejorará una superficie de 306.6 ha en sitios determinados por el especialista y en coordinación con la CONANP (PRMAAM).

La **fragmentación del paisaje** se calificó como un impacto acumulativo permanente debido a que en el SAR se presentan diversos componentes que han generado este impacto previamente, como el desarrollo urbano. Las áreas transformadas en el SAR suman 1,289 ha, que representan el 13% de su superficie total, e incluyen zonas con vegetación secundaria, zonas urbanizadas o en proceso de urbanización, vegetación inducida o sin vegetación aparente. Como resultado de estas transformaciones del paisaje, las comunidades naturales se encuentran profundamente alteradas por lo que el impacto de fragmentación del paisaje ya existe en la zona. Sin embargo, el Proyecto implicará la inserción permanente de un nuevo elemento que representará un obstáculo a la visibilidad y fragmentará el paisaje. A pesar de que será una vialidad elevada sobre pilas que permitirá el libre desplazamiento del viento y la fauna bajo el, sí constituirá una barrera que podrá limitarse al tipo visual para la mayoría de las especies, aunque para las más sensibles podría ser también un obstáculo a sus desplazamientos naturales. Este impacto se consideró No Significativo debido a que si bien el manglar se verá afectado por este impacto, y es un ecosistema de gran importancia ecológica, tan solo se tendrá una afectación permanente de 760.5 m² y se compensarán con 306.6 ha que serán restauradas en términos del “Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar”, así como con la donación de 305.85 ha pertenecientes al Gobierno del Estado a favor de la SEMARNAT por el uso del Acuerdo de Destino (como se describió en su ficha).

La **disminución de la productividad y superficie (bienes y servicios) de la selva y humedal** se consideraron impactos acumulativos permanentes ya que en el SAR se realizan desmontes, tanto autorizados como clandestinos, en este tipo de vegetación. Sin embargo, ambos impactos se calificaron como No significativos debido a que las áreas aprovechadas de forma provisional y permanente serán restauradas al terminar la etapa de construcción, quedando un área de aprovechamiento permanente de solo 0.56 ha

comparada con las 328.34 ha del SAR. Por otra parte, las áreas que serán restauradas presentarán una estructura forestal más compleja y mayor productividad, lo que generará el impacto acumulativo positivo que mitigará el impacto provocado en las etapas previas por pérdida de productividad y superficie de selva.

La **pérdida de superficie y productividad de manglar (bienes y servicios)** se deberá a la necesidad de desmontar y despallar las áreas de aprovechamiento permanente y temporal para la construcción del proyecto. Se consideraron impactos acumulativos debido a que en diversos puntos del SAR se presentan afectaciones directas e indirectas que tienen como consecuencia la pérdida de superficie de manglar o la modificación de su estructura forestal hacia una de menor productividad; debido a que este ecosistema está constantemente bajo presión por las actividades que genera la demanda turística y de servicios en la ZH, así como la urbana asociada con la ciudad de Cancún (██████████); sin embargo, también se ha visto disminuida por el paso de fenómenos hidrometeorológicos (como fue Wilma, 2005) que afectó seriamente los humedales y comunidades costeras del norte de la Entidad (ETJ,2021). Se consideraron impactos temporales debido a que la mayor parte de la superficie afectada de este ecosistema que será aprovechada por el proyecto se restaurará al terminar la etapa de construcción, lo cual no solo repondrá la cobertura perdida por las obras del Proyecto, a través del SRAAT; si no que, mediante la medida de compensación que se implementará a través del PRMAAM se rehabilitarán y mejorarán 306.6 ha de manglar al interior del APFFMN e mejorando su calidad ambiental de manera que se recuperen las áreas que han perdido o disminuido sus bienes y servicios. Por otra parte, la superficie de aprovechamiento permanente que se requerirá aprovechar en este ecosistema representará tan solo el 0.010% de su superficie en el SAR.

La afectación acumulativa sobre los **pastos marinos** podrá ser ocasionada por dos impactos: a) **fragmentación** y b) **pérdida de bienes y servicios**. Ambos impactos se consideraron de carácter temporal debido a que su mayor efecto se limitará a la etapa de preparación y construcción por las actividades propias de la obra. El aspecto acumulativo, se valoró así ya que, de acuerdo con lo reportado por Herrera-Silveria (2006), se ha observado una disminución en la cobertura de los pastos marinos que podría estar relacionada con el aumento de las actividades turísticas al interior de la laguna; la mayor pérdida de pastos se asoció a la zona con el aumento en el tráfico de embarcaciones y a la eutrofización. Es así que, al ya existir una afectación actual sobre este factor, las nuevas

actividades del Proyecto podrían contribuir en su detrimento. Sin embargo, la fragmentación se calificó como No Significativo, ya que las zonas con interés por coincidir con el trazo del proyecto (Zonas de Tajamar y Norte) presentan coberturas de pastos marinos de altas (75 a 100%) a muy bajas (<5%) con un promedio de $34 \pm 21.7\%$. La presencia de praderas de pastos marinos de mayor cobertura (>75%) se encuentra hacia las zonas someras de la zona de Tajamar y Norte; que corresponden espacialmente al inicio y final del trazo del proyecto; de manera que se buscó limitar al máximo el área de afectación sobre los mismos. Por esta misma razón, es que el impacto sobre los bienes y servicios de los pastos se consideró como despreciable, ya que las áreas de afectación son puntuales y se tienen registradas; además de que se llevarán a cabo medidas tales como la delimitación de las áreas de trabajo y la colocación de cortinas antidispersión para evitar la Resuspensión de sedimentos que puedan afectar a los pastos aledaños a las áreas de trabajo, además de que se vigilará que cualquier embarcación que trabaje para el Proyecto deberá de tener como máximo un Calado de 2 mts.

En cuanto a los impactos acumulativos positivos se consideraron aquellos que incidirán sobre el Beneficio Social. Fueron considerados con un impacto permanente y en su mayoría como significativos. Ya que, en primera instancia, como cualquier otra obra de infraestructura, su implementación derivará en la generación de nuevos empleos y demanda de servicios (empleos indirectos), en segunda instancia, esta obra es concebida como una obra que brindará beneficios directos sobre la movilidad de la población y de los turistas, además de la atención y desahogo antes situaciones de emergencia y contingencias ambientales.

Los impactos positivos permanentes correspondieron al aumento de la productividad y superficie de manglar, los cuales se deberán a las acciones de restauración mencionadas anteriormente. Se calificaron como Significativos debido a que el Proyecto considera como parte del SGAS la implementación del Programa “PRMAAM” y subprograma “SRAAT” mediante los cuales se restaurará la superficie que será utilizada de manera temporal más la compensación correspondiente en la **Rehabilitación y Mejoramiento** de una superficie **de 306.6 ha de manglar** fuera de la zona de influencia directa del Proyecto, pero dentro del SAR; que corresponde a una relación de 1:4,034 hectáreas en beneficio de los manglares por la implementación del Proyecto.

5.4.4. Impactos residuales

Tal y como lo establece la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos residuales, entendidos como aquellos que persisten después de la implementación de medidas de mitigación (Art. 3 Fracción X del mismo reglamento).

Dichos impactos representan el efecto inevitable y permanente del proyecto sobre el ambiente y a partir de ellos se determina el “costo ambiental” del proyecto, es decir la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de los bienes y servicios ambientales en el SAR.

La identificación de estos impactos se llevó a cabo en función al atributo de la recuperabilidad, el cual se entiende como la capacidad de los ecosistemas de recobrar su funcionalidad ambiental. Los impactos con calificación de 3 implican efectos en el ambiente que no le permitirán regresar a su estado original, aún con la aplicación de medidas de mitigación, por lo que se les consideró residuales. Los impactos con valores menores a 3 se consideraron recuperables siempre que se implementen las medidas de compensación y/o mitigación que se presentan en el Capítulo 6.

Como resultado del análisis de impactos se identificaron los siguientes como impactos residuales negativos:

- Pérdida de suelo
- Alteración física de estratos y estructuras geológicas
- Fragmentación del paisaje
- Modificación de ambientes naturales
- Alteración de hidrología superficial zona terrestre
- Alteración de las corrientes zona lagunar

La **pérdida de suelo** se consideró un impacto residual debido al área requerida para los terraplenes en los entronques de acceso en zona urbana y en zona hotelera; así como por la colocación de las pilas que sostendrán la vialidad elevada, constituida por puntos cubiertos con concreto donde el suelo habrá sido eliminado y no existirán condiciones para que se regenere. Se calificó como Significativa debido a este efecto residual y acumulativo

(descrito en el apartado anterior), sin embargo, es importante resaltar que este efecto también será puntual y directo generado exclusivamente por la superficie de contacto del Proyecto y sus obras. Se hace énfasis en que se llevó a cabo un proceso de análisis de la mano de un grupo multidisciplinario para seleccionar el mejor diseño y proceso constructivo para el Proyecto que diera estricto cumplimiento a las regulaciones aplicables y que presentará el menor impacto sobre los diferentes factores del medio. De este modo, el resultado es la construcción de una superestructura que para la totalidad de su desarrollo contempla tan solo una superficie de desplante de: 10.62 ha, de las cuales en su mayoría serán utilizadas durante la etapa de preparación y construcción (9.0138 ha) y que al término de su uso serán reforestadas a través del SMRAAT disminuyendo su impacto; por lo que el impacto residual real se da únicamente por la superficie de aprovechamiento permanente que corresponde a **1.6064 ha**.

La **alteración física de estratos y estructuras geológicas**

Este impacto se consideró residual ya que la afectación se dará por el hincado de los ademes de acero para el colado de las columnas en el sustrato rocoso, por lo que al ser un impacto directo y permanente por que corresponde con las estructuras de soporte del puente, su efecto no se podrá revertir, sin embargo, se consideró como un impacto no significativo ya que esta afectación no pondrá en riesgo a la estructura ni función del estrato.

La **modificación de ambientes naturales** se consideró un impacto residual debido a la superficie de aprovechamiento permanente que será necesaria para la colocación de las pilas que sostendrán la vialidad. Aunque, igual que en el caso anterior, la superficie ocupada con relación al SAR es mínima, por lo que se consideró un impacto No Significativo. Sin embargo, en este caso además fue necesario considerar el posible impacto de la Resuspensión de sedimentos debido a las actividades del proyecto sobre la cobertura del fondo lagunar. Se encontró que será despreciable debido al patrón de circulación de las corrientes, así como a la dinámica del sistema lagunar, que recibe aportes de descargas provenientes de las zonas turísticas y residenciales aledañas, lo cual provoca que el agua sea turbia en la zona Oeste de la Laguna, por lo que la cobertura del fondo lagunar no se verá afectada por los sedimentos extras que pudieran resuspenderse debido a las actividades del proyecto. El análisis detallado de este impacto se puede consultar en su ficha.

La **fragmentación del paisaje** se consideró un impacto residual ya que la vialidad elevada constituirá un elemento ajeno al paisaje natural que lo fragmentará en dos secciones, una a cada lado de la vía. Este impacto se consideró No Significativo debido a que una vez concluida la etapa de construcción se implementarán acciones de restauración de las zonas aprovechadas, que recuperarán la estructura y composición original del manglar en las áreas donde este ecosistema ya contaba con afectaciones importantes. Además, considerando que el proyecto colinda al Este con el área urbana de Cancún la cual, de acuerdo a su programa de desarrollo, se extenderá en los próximos años, el paisaje cambiará en esa zona paulatinamente, disminuyendo el impacto. El análisis detallado de este impacto se puede consultar en su ficha.

La **alteración hidrológica superficial zona terrestre** se consideró como un impacto residual debido a que el hecho de que se coloque una nueva estructura (terraplén en la parte terrestre) en un sitio donde actualmente no hay una infraestructura implica la colocación de un elemento diferente. Sin embargo, como se ha comentado, en la cuenca hidrológica donde se ubica el área de estudio, carece de aportaciones hidrológicas superficiales y la descarga es subterránea. Por lo que, si bien será necesaria la colocación de terraplenes para el acceso al puente vehicular, se instalarán pasos hídricos a base de tubos de polietileno de alta densidad de 0.6 cm de diámetro cada 50 m a lo largo de las zonas de manglar evitando cualquier interrupción del flujo hidrológico.

La **alteración de las corrientes en la zona lagunar** se consideró como un impacto residual asociado a la colocación de las pilas que darán soporte al puente y que, podrían generar una modificación en los patrones de dinámica actuales. Con el objeto de conocer las implicaciones que el Proyecto podría tener, se previó la necesidad de realizar un estudio de hidrodinámica en el área de estudio que, además, es el primero realizado en el SLN. Con base en este estudio, fue posible observar el comportamiento actual de la dinámica lagunar, observándose que los principales referentes de la dinámica lagunar están dados por las dos bocas de la laguna; la boca sur presenta flujos persistentes de entrada al sistema con muy pocas y esporádicas inversiones, mientras que la boca norte tiene flujos de entrada y salida, funcionando como una puerta de intercambio con el mar circundante. Dentro del SLNB, en la cuenca central de Nichupté, las mediciones muestran velocidades bajas con promedios de 1 a 2 cm/s. Para poder estudiar el posible efecto del puente, se realizó una modelación que permitió observar que los cambios en las corrientes por el efecto del

proyecto serán locales (en la zona aledaña a él, justo debajo, y hacia la boca norte entre la vaciante y la marea baja) con una modificación en la magnitud de la velocidad de 0.02m/s, y no tendrán influencia sobre el resto del sistema lagunar en cuanto a la alteración de patrones de corrientes. Es decir, que el efecto residual se limitará a los sitios de ubicación de las columnas y no más allá de estas. No obstante, con la implementación del proyecto y con el fin de medir cualquier efecto sobre la dinámica lagunar por el Proyecto, se ejecutará un Subprograma de Monitoreo de la Hidrodinámica Lagunar que permitirá dar mayores elementos sobre los efectos reales que la estructura podría representar y realizar, de manera oportuna, las medidas de control y correctivas necesarias.

En cuanto a los impactos residuales positivos, el proyecto aumentará la superficie de manglar como resultado de las labores de restauración de este ecosistema, las cuales se llevarán a cabo no solo en las zonas de aprovechamiento temporal, sino también fuera del área de influencia directa del proyecto en una superficie de 306.6 ha.

5.4.5. Impactos suprarregionales: Cambio climático

Este será un impacto negativo, directo, acumulativo y sinérgico de nivel suprarregional. Se deberá principalmente a las actividades que requieren del uso de solventes o asfaltos y al tránsito vehicular durante la etapa de operación de la vía, ya que son fuentes importantes de gases de efecto invernadero (GEI). También se puede asociar a la pérdida de productividad de manglar y de selva y a la pérdida de suelo, ya que disminuirán la tasa de captura de carbono; sin embargo, en este caso en particular, este efecto tendrá un impacto neto positivo ya que la superficie que se estaría rehabilitando y recuperando será sustancialmente mayor respecto a la superficie que será afectada, en una relación estimada de 1:4,030 ha, por lo que, con la implementación del Proyecto se prevé que la captura de carbono presente un incremento en el SAR.

En los últimos años se ha aceptado que la contaminación ambiental, principalmente la del aire, se vincula directamente con el desarrollo del sector energético. Los cambios en el clima del mundo tienen relación directa con la quema de combustibles fósiles para usar su energía, que emite gases como SO₂, N₂O y CO₂ (Akella et al. 2009).

El aumento paulatino en la concentración de los GEI está cambiando la forma en que se distribuye el calor en la superficie de la tierra, lo que ha llevado a un aumento en la

temperatura de la misma de 0.6° C durante el último siglo, lo que se estima producirá una elevación en el nivel del mar de hasta 20 cm (Colonbo 1992 citado en Dincer 1999).

Varios científicos concuerdan en que, si las emisiones de GEI continúan aumentando a la tasa que se presentaba en 1990, la temperatura de la tierra podría incrementarse para finales del siglo XXI entre 2 y 4° C, lo que elevaría el nivel del mar entre 30 y 60 cm. De ser así, existiría un impacto terrible en las poblaciones costeras, se desplazarían las zonas de cultivo y producción de alimentos, disminuiría la disponibilidad de agua dulce, entre otras consecuencias (Dincer 1999).

Los gobiernos del mundo han comprendido la gravedad del problema y se han firmado acuerdos internacionales para disminuir la emisión de GEI, que comprometen a los países a cumplir metas concretas en este sentido.

En diciembre de 2009 México se agregó al contexto mundial de metas de reducción de emisiones, comprometiéndose a alcanzar una reducción, respecto de su tendencia de emisiones de GEI, de hasta 30% para el año 2020. De acuerdo con el inventario nacional de emisiones de GEI 1990-2010 (INEC 2014), en el año 2010 el transporte fue el sector con mayor contribución porcentual de emisiones de CO₂ (31.1%) y el segundo en emisiones de N₂O (18.2%). La contribución por modalidad fue: automotor 94.5%, aéreo 2.9%, marítimo 1.4% y ferroviario 1.2%. En cuanto al consumo de combustibles, la gasolina aporta 69.2% de las emisiones, el diésel 26.1%, los querosenos 2.9%, el GLP 1.6% y el restante 0.2% proviene del combustóleo y el gas natural. Por ello la optimización en el flujo vehicular es un tema principal para disminuir el cambio climático siempre y cuando no se disminuya la captura de carbono, se desestabilice la línea de costa o se afecten otros procesos tendientes a revertir el cambio climático.

A pesar de que casi todas las actividades del proyecto involucran el uso de maquinaria o vehículos de combustión que liberan CO₂ y N₂O entre otros, no se consideraron como fuentes importantes emisión de estos gases, debido a que su número será muy reducido y a que no operarán de forma ininterrumpida las 24 horas del día mientras duren las etapas de operación y construcción. Sin embargo, sí se debió considerar al tránsito de vehículos durante la etapa de operación ya que su número será mucho mayor al de la maquinaria utilizada para la construcción de la vialidad, y a que circularán las 24 horas los 365 días del año durante todo el periodo de vida útil del proyecto.

Para mitigar este impacto todos los vehículos y maquinaria pesada usados en el proyecto se mantendrán en buenas condiciones mecánicas y se ajustarán a los límites y lineamientos en materia de emisiones que les apliquen. Asimismo, se restaurarán las zonas de manglar que actualmente presentan una mala condición ecológica con el objetivo de aumentar la tasa de captura de carbono en el SAR.

5.5 CONCLUSIONES

Con base en el contexto de la identificación de impactos analizados, las presentes conclusiones se derivan de demostrar con base en los criterios de significancia descritos en este capítulo, que la evaluación de impactos cumplió con el doble enfoque solicitado en la LGEEPA y su Reglamento en la materia, respecto a:

- Calificar el efecto de los impactos sobre los ecosistemas, en cuanto a la relevancia de las posibles afectaciones a la integridad funcional de los mismos (Artículo 44, fracción II del REIA), dando como resultado la baja significancia del proyecto sobre ellos.
- Desarrollar esta calificación en el contexto de un SAR (Artículo 13, fracción IV del REIA), de forma tal que la evaluación se refiere al sistema y no solo al objeto del aprovechamiento. En este sentido, los análisis se realizaron más allá de la ZID obteniendo importantes resultados de la ZII y el SAR delimitado para el Proyecto.

El enfoque del proyecto concibe mantener y mejorar la integridad de los ecosistemas costeros presentes en el SAR, es decir la composición de hábitats que existen, la diversidad de especies y consecuentemente su capacidad de funcionar como un sistema integrado, reduciendo y evitando impactos que eliminen hábitats y/o especies o que desarticulen su estructura, mejorando las condiciones que permitan la movilidad y la viabilidad de las especies.

Con base en todos los resultados obtenidos, es posible aseverar que el Proyecto no afectará la capacidad de los ecosistemas presentes en su área de influencia directa ni en el SAR para ser utilizados o manejados, y no comprometerá su estructura y funcionamiento básicos, siempre que se implementen las medidas de mitigación y compensación propuestas, así como las estrategias y criterios establecidos para cada una de las fases de implementación del mismo.

Las conclusiones del presente capítulo permiten señalar que el Proyecto conservará la biodiversidad regional y respetará la integridad funcional de los ecosistemas ya que los componentes ambientales que por sí mismos son relevantes, no serán afectados de forma significativa. El análisis de impactos aporta elementos que demuestran que el proyecto no ocasionará que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción y que, si bien se afectará el hábitat de individuos de flora y fauna temporalmente, no se afecta a las especies de forma particular, quedando fuera del supuesto establecido en el artículo 35, numeral III, inciso b) de la LGEEPA.

Aunado a lo anterior, es posible aseverar que la implementación del proyecto generará impactos positivos de escala menor al entorno, toda vez que:

- Aumentará la superficie de manglar actualmente existente en el SAR y mejorará su calidad ambiental, en una superficie de 306.6 ha.
- El Gobierno del Estado donará una superficie en favor de SEMARNAT de 305.85 ha que podrán incrementarse al polígono del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté, de las cuales, actualmente 208.44 ha se encuentran dentro del Acuerdo de Destino y 97.41 ha están fuera del Acuerdo.
- Generará alrededor de 200 empleos directos durante las etapas de preparación y construcción.
- Mejorará la vialidad en la Ciudad del Cancún, evitando congestionamientos y por lo tanto emisiones a la atmósfera.

Adicionalmente, en el siguiente capítulo 6 se presentarán las medidas necesarias para prevenir, mitigar, restaurar, controlar o compensar, según sea el caso, los impactos ambientales esperados en cada una de las etapas de implementación del proyecto. Dichas medidas se integran de manera precisa y coherente en el marco de un **Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad** específico para el proyecto, cuya ejecución evitará la generación de impactos que, por sus atributos y naturaleza, provoquen desequilibrios ecológicos y afecten la continuidad de los procesos naturales que actualmente ocurren en el SAR delimitado.

Finalmente, como resultado de las anteriores conclusiones es factible aseverar que el proyecto no generará:

1. Desequilibrios ecológicos.

2. Daños a la salud pública.

3. Afectaciones a los ecosistemas.

Derivado de los análisis de impactos ambientales que permitieron determinar la incidencia del proyecto sobre los diferentes factores del medio encontrados en el predio y el SAR (interacciones con los elementos, procesos y ecosistemas), es factible aseverar que el Proyecto se ajusta a lo establecido en el artículo 35 de la LGEEPA ya que la presente MIA-R cumple con las formalidades previstas en dicha Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables.

La identificación y evaluación de impactos ambientales presentada ponen en evidencia que los posibles efectos de las actividades del proyecto no pondrán en riesgo la estructura y función de los ecosistemas descritos en el SAR. El Proyecto se considera viable ya que no generará impactos negativos de gran magnitud y es necesario para evitar otros impactos mayores debidos al crecimiento urbano en la zona.

Lo anterior se sustenta en el reconocimiento de que se analizaron las posibles interacciones que el proyecto pudiera tener con componentes y procesos ambientales del SAR a distintas escalas geográficas. En este orden de ideas, se analizó y concluyó que:

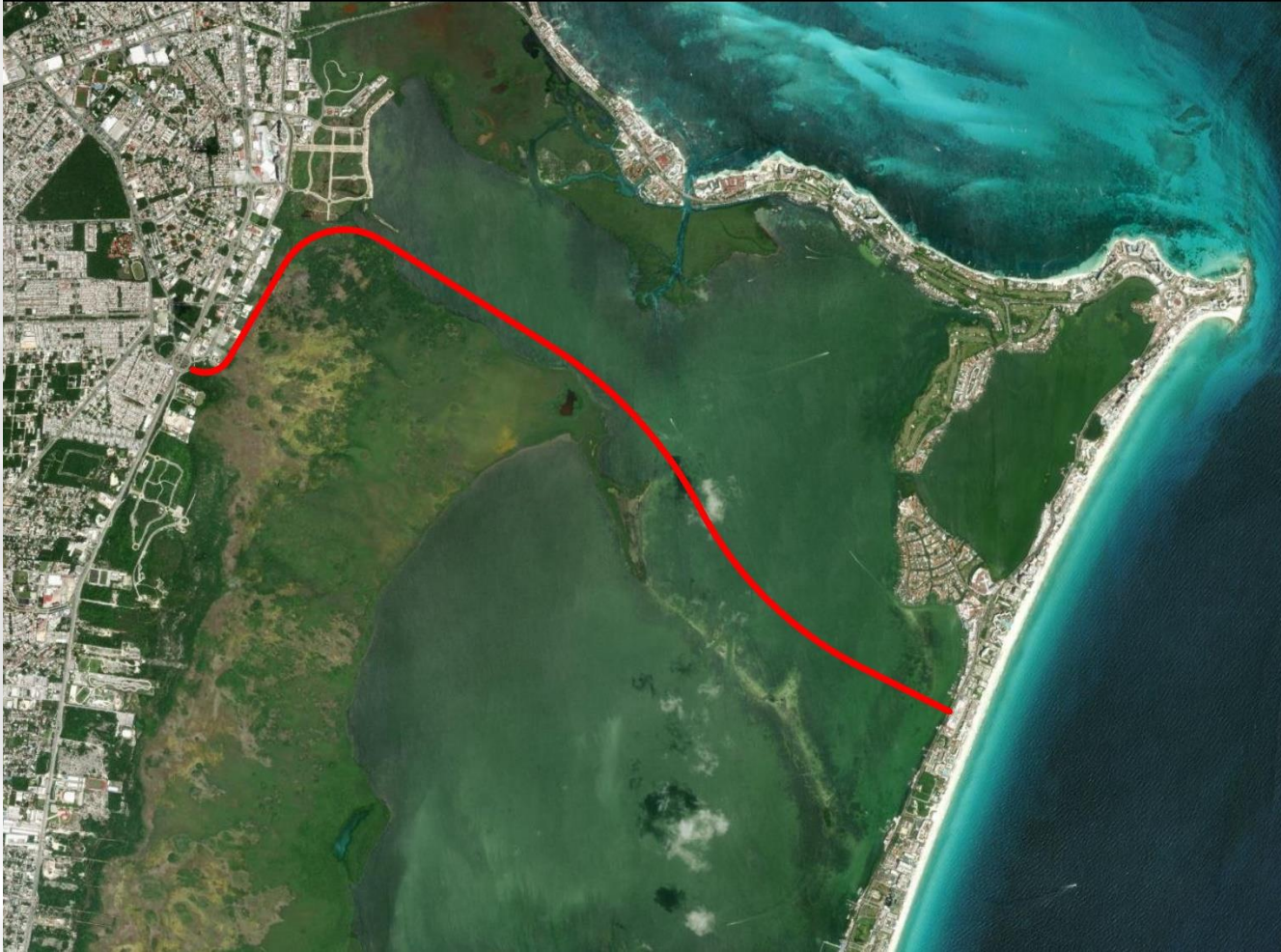
1. Existen procesos cuya ocurrencia es mayor al propio sistema ambiental regional y que se les denominó suprarregionales, como es el clima; dada la magnitud del proyecto los impactos que pudiera producir en relación con este componente suprarregional son despreciable. Consecuentemente el proyecto no genera efectos que pudieran alterar estos macroprocesos.
2. El Proyecto incide mayormente a nivel de elementos con un índice de incidencia y rango de significancia predominantemente No significativo y Despreciable. Esto se traduce en que el Proyecto no pone en riesgo la estructura y función de los ecosistemas y generará alteraciones de muy bajo impacto a elementos o procesos del predio y del SAR, por lo que no comprometerá su integridad ecológica.

Lo anterior, son elementos que fundamentan el argumento de que la instalación del Proyecto no compromete la funcionalidad de los ecosistemas del Sistema Ambiental Regional (SAR) y por ende es un proyecto con viabilidad ambiental.



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



CAPÍTULO 6

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

CAPÍTULO 6 IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En cumplimiento a las disposiciones de los Artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), y el Artículo 12 de su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental (REIA), la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, en adelante La Promovente, solicita a su H. Autoridad la evaluación y resolución del Proyecto Puente Vehicular Nichupté (PVN), en adelante denominado como El Proyecto, en materia de impacto ambiental.

6.1 INTRODUCCIÓN

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en su artículo 30 indica que:

*“Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, **así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.**”*

Para llegar a una correcta definición de dichas medidas, se requiere de manera previa contar con un detallado análisis de la delimitación y caracterización del área de influencia del Proyecto y su Sistema Ambiental Regional (SAR). Así como de la identificación, evaluación y descripción de los posibles efectos que el Proyecto podría generar. Estos análisis se han realizado y presentado a detalle en los Capítulos 4 y 5 de esta MIA-R

Con base en esta información, se han definido, clasificado y descrito estrategias y medidas integrales de manejo que permitan la mitigación, prevención, atenuación, reducción o compensación de acuerdo a la relevancia de los mismos, y apegándose a la normatividad ambiental aplicable y por ende a los preceptos técnicos que ambientalmente pueden considerarse para su implementación.

Es importante recordar que, como se ha señalado a lo largo del documento, el promovente dio inicio a los procesos de mitigación de impactos ambientales desde la misma concepción del Proyecto. A través de un esquema de planificación para su diseño, el cual se sustentó

en una serie de estudios realizados por un equipo multidisciplinario de connotados especialistas que permitió definir un Proyecto ambientalmente viable dando cumplimiento y en apego a los aspectos jurídicos, técnicos y ambientales.

Cabe resaltar la importancia de la correcta planificación del Proyecto ya que, cualquier efecto no previsto en la misma o en sus actividades de desarrollo en la zona costera, o en la utilización y manipulación tecnológica de cualquiera de sus componentes, puede tener efectos negativos en todo el sistema ecológico (Yáñez-Arancibia, 1986; Zárate et al., 1996; 2005; Juárez et al, 2006).

Como parte de este proceso de planificación y, a partir de un planteamiento ecosistémico y con una visión metodológica integral, se consolidó un **Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad del Proyecto Puente Vehicular Nichupté (SGAS-PVN)**, el cual se propone y somete a la consideración de la autoridad y que se describe en este capítulo, como un compromiso formal en la búsqueda de una implementación y desarrollo sostenible del Proyecto.

Como se señaló en el Capítulo 2 de esta MIA-R, el diseño del Proyecto se fundamentó en cinco ejes rectores El conocimiento del entorno y su grado de deterioro ambiental actual, obliga a cualquier promotor de un proyecto a actuar con responsabilidad y a asegurar su inversión a través de esquemas sustentables de desarrollo. Para este Proyecto en particular, su diseño se concibió bajo un esquema de sostenibilidad fundamentado en políticas y premisas en materia de sostenibilidad que definieron los ejes rectores del Proyecto. Estos se retoman en la **Tabla 6.1**.

Tabla 6.1. Premisas establecidas para el diseño y desarrollo sostenible del proyecto Puente Vehicular Nichupté.

Ejes rectores	Premisas y políticas
AMBIENTAL	1. El diseño y proceso de construcción y operación, no deben comprometer la estructura y función de los importantes ecosistemas y recursos naturales existentes (Capital Natural) en su zona de influencia.
	2. El proyecto no debe generar impactos ambientales en el ANP Manglares de Nichupté y el Sistema Ambiental Regional (SAR) que atenten contra la integralidad de los ecosistemas presentes.
	3. El proyecto debe contribuir a la conservación, restauración y mejoramiento de ecosistemas y especies ambientalmente sensibles o con algún grado de perturbación en el SAR y el ANP.
	4. El proyecto debe contribuir a la disminución en la generación de GEI y apoyar la mitigación y adaptación al cambio climático.
	5. El diseño de la infraestructura debe ser resiliente a los impactos y tensiones que los fenómenos hidrometeorológicos y el cambio climático pueden generar en el proyecto.

Ejes rectores	Premisas y políticas
	6. El proyecto debe generar medidas que no sólo compensen los impactos ambientales negativos esperados, si no que contribuyan a la conservación y mejoramiento de los ecosistemas presentes en su zona de influencia.
	7. El proyecto debe limitar todo tipo de contaminación durante su proceso de construcción, operación y mantenimiento.
	8. Aplicar tecnologías en el diseño y proceso constructivo que garanticen la menor huella ecológica y fragmentación de los ecosistemas.
	9. El diseño del proyecto debe ser bajo un “Enfoque de Neutralidad en el Uso del Suelo”, es decir ocupar preferentemente áreas impactadas, perturbadas o de menor valor ambiental, bajo el concepto de la menor “Huella Ecológica” es decir la menor superficie de afectación.
SOCIAL	10. El proyecto debe solucionar en forma integral, el problema de movilidad y de tráfico en la región.
	11. La infraestructura planteada debe contribuir a la modernización de la conectividad en la zona turística más importante del país.
	12. El proyecto debe contribuir a mejorar la calidad de vida de la población y los turistas en su zona de influencia, al disminuir los niveles de contaminación auditiva y atmosférica.
	13. El viaducto debe fortalecer la seguridad de la zona turística ante cualquier contingencia ambiental o de origen humano.
ECONÓMICO	14. El proyecto debe contribuir a mejorar la productividad y la economía de la región.
	15. La infraestructura debe utilizar los recursos de manera eficiente y transparente.
	16. La inversión planteada para el proyecto, debe ser sostenible desde el punto de vista financiero.
LEGAL	17. El proyecto debe asegurar el cumplimiento del marco ambiental legal y normativo aplicable.
	18. La infraestructura vial debe cumplir con el marco legal y normativo en materia urbana aplicable.
GOBERNANZA	19. El desarrollo del proyecto, debe generar confianza en la gobernanza a través de un proceso de toma de decisiones transparente, responsable e inclusiva de las autoridades involucradas en el desarrollo del proyecto.
	20. Apoyar la toma de decisiones informada e inclusiva para garantizar que los procesos involucren de manera efectiva a los diferentes actores involucrados en la región (SAR).
	21. El proyecto deberá estar alineado a los ODS y a los criterios de Infraestructura Sostenible de agencias u organizaciones en la materia.
	22. La obra planteada debe considerar la implementación de buenas prácticas ambientales para la conservación y el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas.

Fuente: GPPA, 2021.

6.1.1 Cumplimiento del marco normativo a través de SGAS

El Proyecto se soporta en el estricto cumplimiento del marco jurídico ambiental y legal aplicable. La conformación del Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS), se diseñó de tal forma que cumpla y vigile lo dispuesto en los criterios de ordenamiento ecológico aplicable, así como lo establecido en las leyes, reglamentos y normas aplicables para el Proyecto durante todas sus etapas de desarrollo. Estos instrumentos se enlistan a continuación y, su vinculación con el Proyecto se presenta de manera detallada en el Capítulo 3 de esta MIA-R:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- Tratados internacionales
- Leyes generales, federales y estatales
 - Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental.
 - Ley General de Vida Silvestre.
 - Ley General y Reglamento de Desarrollo Forestal Sustentable.
 - Ley General de Bienes Nacionales y Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.
 - Ley de Aguas nacionales
 - Ley General de Cambio Climático
 - Ley de Vertimientos en zonas Marinas Federales
 - Ley Federal de Responsabilidad Ambiental
 - Ley De Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo
 - Ley de Acción de Cambio Climático en el estado de Quintana Roo
- Reglamentos de leyes federales
- Planes y Programas Sectoriales y de Desarrollo
- Cumplimiento a la normatividad relacionada con el Ordenamiento Ecológico del Territorio
 - Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio
 - Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe
 - Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez
- Planes y Programas de Desarrollo
- Normas Oficiales Mexicanas

- NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
- NOM-059-SEMARNAT-2010, que establece el listado de especies que, por su condición ambiental, deben ser consideradas como protegidas en el territorio nacional, así mismo, determina el grado y tipo de protección al cual deberán someterse.
- Áreas Naturales Protegidas
- Regiones Prioritarias
- Sitios Prioritarios

6.1.2 Criterios de desarrollo del Proyecto

Para el diseño del Proyecto y su implementación, se tomaron en consideración los siguientes criterios:

- Quedará prohibido verter o descargar cualquier tipo de material o sustancia contaminante o tóxica en la laguna Nichupté durante el proceso constructivo y durante la operación del Proyecto.
- Se tomarán en cuenta los patrones naturales de las corrientes con la finalidad de que éstas no sean modificadas por el Proyecto al grado de alterar la circulación en la cuenca donde se desarrollará el mismo.
- Las afectaciones serán a nivel de individuos, por lo que, se conservarán los ecosistemas con sus funciones ambientales críticas, principalmente en lo que se refiere a la protección de los humedales.
- Se garantizará la persistencia del flujo y reflujo hidrológico superficial y subterráneo del Sistema Ambiental Regional.
- Se pondrá en marcha el Programa de rehabilitación y mejoramiento ambiental de áreas de manglar, como medida de compensación por la implementación de obras en la franja de amortiguamiento del manglar, así como, para alcanzar una “tasa cero por desmonte” y se mejoren las condiciones del humedal a través de la rehabilitación hidrológica y reforestación asistida.
- Se usarán preferentemente áreas afectadas o de menor valor ambiental.
- Se ubicará la infraestructura fuera de zonas de riesgo ambiental.
- Se ocasionará la menor fragmentación y afectación posible de la estructura y función de los ecosistemas del sitio y región por el desarrollo de infraestructura.
- Se reforestarán o restaurarán, según se requiera, las zonas de aprovechamiento temporal como caminos de obra o áreas de obras temporales.
- Se armonizarán las obras de infraestructura con el paisaje natural y el desarrollo urbano adyacente.
- Se establecerán las medidas necesarias para minimizar al máximo los impactos generados por este tipo de infraestructura a la vegetación y a la fauna.

- Se incorporarán en la MIA-R, los resultados asociados con el entorno socioeconómico.
- Se desarrollará el programa de monitoreo ambiental, así como la instalación de la infraestructura requerida para tal efecto, según lo determinen los especialistas en cada materia.

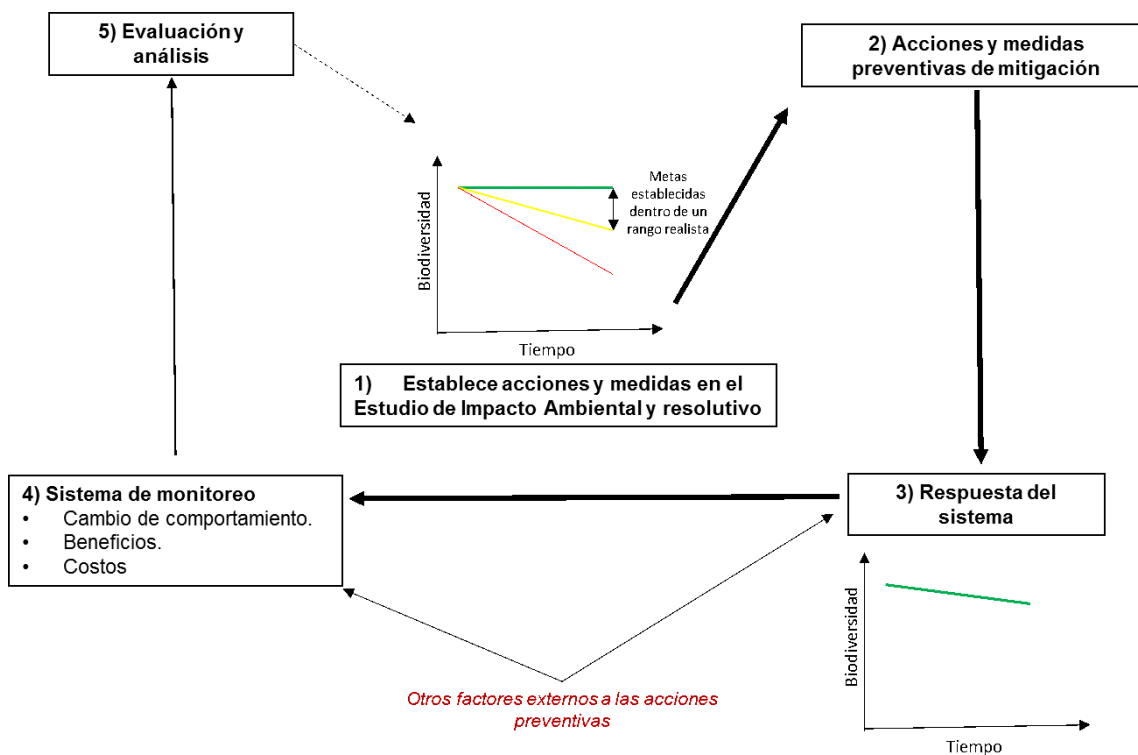
Por otro lado, dada la magnitud de la incertidumbre en las proyecciones del cambio climático y en las respuestas de las especies, ecosistemas y seres humanos, la planificación de la conservación debe establecerse en el contexto de una serie de escenarios futuros potenciales. Tal enfoque fue implementado en el Proyecto al incorporar un proceso iterativo de toma de decisiones óptimas frente a la incertidumbre del efecto de los impactos ambientales en el medio (Sutherland, 2006) que consta de seis etapas (Figura 6. 1).

- Definir los futuros escenarios estimables y establecer las acciones y medidas correspondientes.
- Ejecutar acciones y medidas preventivas y de mitigación.
- Generar una nueva conducta al interior del sistema.
- Monitorear los cambios en el sistema.
- Analizar los impactos de las acciones y medidas preventivas y de mitigación
- Ajustar las metas iniciales de acuerdo con los resultados obtenidos y esperados.

Es importante mencionar, en este sentido, que los impactos que pudiera ejercer el Proyecto sobre el SAR están planeados a partir de los resultados obtenidos en los estudios de Línea Base Ambiental (LBA) e información de referencia para al área en cuestión (Capítulo 4), evaluados (Capítulo 5) y estarán controlados y monitoreados a partir de un Programa de monitoreo ambiental, que está contenido dentro del SGAS, el cual se somete a evaluación y aprobación de la autoridad, como un compromiso por parte del Proyecto de implementar una obra necesaria, bajo un estricto control ambiental, en apego a la legislación ambiental vigente en los diferentes órdenes de gobierno (Capítulo 3); este SGAS se definió de tal forma que funcione a su vez, como un mecanismo de alerta temprana (Hole, 2009).

En este orden de ideas, podríamos comentar acerca de que estos impactos están latentes y, aún si el proyecto no se lleva a cabo, estos impactos continuarán, por lo que la implementación del proyecto, si bien potencialmente podrá generar impactos (ya identificados y valorados en el Capítulo 5), también busca ejercer acciones que mitiguen los mismos y, además, considera implementar acciones que tendrán también influencia positiva para enfrentar la problemática actual del SAR-SLN.

Figura 6. 1. Esquema simple del manejo adaptativo incorporado en el SGAS del Proyecto.



Fuente: (Hole, 2009), modificado por GPPA 2014.

6.1.3 Acciones del Proyecto susceptibles de producir impactos

Para efectos del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se entiende por acción, a la parte activa que interviene en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental (Gómez-Orea 2002). Las acciones se identifican a partir de cada una de las diferentes obras y actividades que se realizarán durante las etapas de Preparación y Construcción del Proyecto y aquellas a desarrollarse en las etapas posteriores (Operación, Mantenimiento y si fuera el caso, Abandono) por lo que antes de determinar las acciones se deben identificar y describir las obras, así como los procesos y procedimientos involucrados en el desarrollo del Proyecto. Esta información está ampliamente descrita en el Capítulo 2.

De manera general, las diferentes etapas se describen de la siguiente manera:

- Preparación del sitio:** Consiste en las labores necesarias para el acondicionamiento del terreno que permitan su uso de acuerdo con el objetivo planteado. Generalmente no representa la construcción o instalación de infraestructura, aunque si requiere de la intervención de la zona de influencia directa.

- b) **Construcción:** Consiste en todas las actividades necesarias para el desarrollo de las obras físicas sobre el terreno y que se caracteriza por una fuerte actividad sobre el predio y la zona de influencia directa del proyecto. Esta es la etapa que involucra la mayor cantidad de impactos a generar y por lo tanto medidas de atención a implementar.
- c) **Operación y mantenimiento:** Consiste en las actividades necesarias para hacer funcionar y mantener en buen estado las obras del proyecto, así como en las labores de seguimiento y monitoreo.
- d) **Abandono:** Comienza a partir de que cesan cualquier tipo de actividades relacionadas con el proyecto en el predio. Consiste en las acciones necesarias para retirar y evitar cualquier impacto ambiental relacionado con las instalaciones fuera de uso.

6.1.4 Factores del medio susceptibles de recibir impactos

Una vez definidas las actividades que corresponden a cada etapa del proyecto, se analizaron las acciones generadoras de impactos, entendidas como las posibles causas simples, precisas, localizadas y bien determinadas de impacto ambiental. Éstas pueden derivar de una o varias obras o actividades y suceder durante uno o varios momentos del proyecto.

A continuación, en la Figura 6. 2, se presentan los factores del medio susceptibles de recibir impactos. Toda la información relacionada con impactos ambientales y su evaluación está ampliamente descrita en el capítulo 5 de esta MIA-R.

Figura 6. 2. Factores del medio susceptibles de recibir impactos identificados en el área de influencia del Proyecto.



Fuente: GPPA, con datos proporcionados por AGEPRO.

A partir de la información anteriormente señalada, se presenta la lista general de impactos ambientales potenciales, los cuales estarán asociados con las diferentes acciones identificadas y con los factores del entorno, los cuales son susceptibles de ser modificados, así como, el cambio climático, identificado como el único impacto que incidirá más allá del SAR.

Para una mejor comprensión y valoración, los impactos se dividieron de acuerdo con el componente, el ambiente (lagunar o terrestre) y el factor sobre el que inciden. Se identificaron 23 factores susceptibles de recibir impactos en la ZII y el SAR, de los cuales, 13 son elementos, siete están asociados con procesos y tres son ecosistemas (**Tabla 6.2**).

Tabla 6.2. Listado de factores del medio susceptibles de recibir impactos identificados en el área de influencia del Proyecto.

Nivel	Factor modificado	Impacto	Causas posibles de impacto
Elementos	Aire	Contaminación por ruido	Generación de ruido por vehículos, maquinaria, equipos de instalación y construcción.
		Contaminación por gases y polvos	Emisión de gases efecto invernadero (GEI) producidos por vehículos, maquinaria y equipos de construcción. Emisión de partículas suspendidas a la atmósfera por actividades de desmonte, construcción y transportación de materiales.
	Acuífero	Contaminación por residuos y sustancias tóxicas.	Vertimiento accidental de residuos sólidos, líquidos y/o peligrosos en la zona terrestre por mal manejo de maquinaria, vehículos, almacenes y servicios para los trabajadores. Liberación de contaminantes (retenidos en sedimentos) durante los trabajos de perforación. Lixiviados de materiales, lodos y sedimentos extraídos de las perforaciones de los sitios de hincado en los bancos de tiro.
	Agua	Contaminación por residuos y sustancias tóxicas.	Vertimiento accidental de residuos sólidos, líquidos y/o peligrosos a la laguna por accidentes con la maquinaria, equipo, vehículos o almacenes. Liberación de

Nivel	Factor modificado	Impacto	Causas posibles de impacto
			contaminantes (retenidos en sedimentos) durante los trabajos de perforación.
		Transparencia y turbiedad	Re suspensión de sedimentos en columna de agua por el tránsito de embarcaciones motorizadas y equipos de construcción en zonas someras, así como escurrimientos de aguas pluviales en los frentes de trabajo y de las zonas urbanas.
	Suelo	Compactación	Paso de maquinaria pesada, nivelación y relleno con materiales para las superficies de rodamiento temporales y permanentes.
		Pérdida de suelo	Relleno, despalme, nivelación, cimentación.
		Contaminación	Generación de residuos sólidos, líquidos y/o peligrosos.
	Geología	Recuperación de suelo	Enriquecimiento del suelo con materia orgánica, para habilitación de áreas ajardinadas.
		Alteración física y química de estratos y estructuras geológicas (cavernas, fallas, fracturas preferenciales, otras).	Perforación, colado e hincado de pilas.
	Fondo lagunar	Modificación del tipo de fondo	Re suspensión y acarreo de sedimentos durante la construcción y cambios de circulación por pilas.
		Contaminación	Vertimiento accidental de residuos sólidos, líquidos y/o peligrosos a la laguna por mal manejo de maquinaria, vehículos, almacenes y servicios para los trabajadores. Liberación de contaminantes (retenidos en sedimentos) durante los trabajos de perforación.
	Vegetación terrestre	Pérdida de cobertura, hábitat e individuos.	Desmante para áreas de aprovechamiento permanente e hincado de pilas. Desmante para áreas de aprovechamiento temporal.
Conservación de individuos		Rescate de especies y reubicación en áreas de conservación.	
Vegetación acuática	Pérdida de cobertura, hábitat e individuos.	Hincado de pilas y enterramiento con sedimentos durante la fase de construcción y la alteración en la hidrodinámica lagunar.	
Fauna terrestre	Pérdida de individuos	Lesiones, desplazamiento, aislamiento.	
	Conservación de individuos	Rescate de fauna previo al inicio de los trabajos y reubicación en áreas conservadas.	
Fauna lagunar (bentos)	Pérdida de individuos	Lesiones, pérdida de hábitat, depósito de sedimentos.	
	Conservación de individuos	Rescate.	
Paisaje	Fragmentación, conectividad	Desmante y creación de barreras artificiales.	
	Calidad visual	Modificación de entornos naturales por el puente.	
Usos del territorio	Cambios de usos del suelo y zona lagunar.	Ocupación de espacios naturales con infraestructura.	
Bienestar social	Generación de empleos directos e indirectos.	Demanda de mano de obra.	
	Incremento actividad económica	Demanda de insumos y servicios.	
	Incremento de productividad	Disminución tiempos de traslado.	
Procesos	Movilidad y conectividad	Disminución tiempos de traslado de residentes, visitantes y turistas	Operación del puente y entronques para mejorar y resolver la integración de la zona urbana con la zona hotelera.
	Dinámica lagunar	Modificación del patrón de corrientes	Barreras puntuales (pilas) al flujo de agua.

Nivel	Factor modificado	Impacto	Causas posibles de impacto
	Hidrología superficial y subterránea	Modificación del drenaje superficial y flujos preferenciales.	Rellenos temporales (terraplenes) y pilas.
	Corredores biológicos	Modificación temporal de fauna hacia áreas conservadas.	Rellenos temporales (terraplenes) y pilas.
	Actividades urbanas y recreativas	Alteración temporal de servicios urbanos y turísticos.	Proceso de construcción del proyecto.
	Integración territorial	Fortalecimiento a la movilidad de bienes y servicios	Operación del puente y entronques para la integración de la zona urbana con la zona hotelera.
	Salud y seguridad	Disminución en los tiempos de atención a emergencias (accidentes, incendios y seguridad) y contingencias ambientales.	Operación del puente y entronques para la integración de la zona turística con los servicios de salud y seguridad.
Ecosistemas	Manglar	Pérdida de superficie.	Desmante zonas de aprovechamiento temporal y ocupación permanente de superficies por pilas.
		Restauración de áreas degradadas.	Implementación Programa de rehabilitación y mejoramiento ambiental de áreas de manglar.
		Disminución de productividad y servicios ambientales.	Efecto de sombra.
		Incremento de productividad y servicios ambientales.	Implementación Programa de rehabilitación y mejoramiento ambiental de áreas de manglar.
	Selvas y pastizales	Pérdida de superficie.	Desmante zonas de aprovechamiento temporal y ocupación permanente de superficies por pilas.
		Restauración de áreas de aprovechamiento temporal.	Implementación Programa de rehabilitación y mejoramiento ambiental de áreas de manglar.
		Disminución de productividad.	Efecto de sombra.
	Pastos marinos	Pérdida de superficie y hábitat.	Ocupación permanente de superficies por pilas y por posible enterramiento con sedimentos.
		Restauración de áreas impactadas.	Implementación proyecto piloto de rehabilitación.
		Disminución de productividad.	Efecto de sombra.

Fuente: GPPA, S.C.

A continuación, en las tablas (**Tabla 6.3 - Tabla 6.5**), se presentan los impactos que se esperan de acuerdo con la etapa en la que se identificaron y a los cuales se dará puntual seguimiento a través del Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS) que se desarrolla en el presente capítulo, a partir del diseño del Proyecto y los resultados de los estudios de línea base ambiental (LBA) realizados de manera específica para el Proyecto,

así como, de la información adicional que se ha elaborado para la zona. Los detalles se pueden consultar en el Capítulo 5.

Tabla 6.3. Factores e Impactos esperados para la fase de Preparación.

Factor de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental y Componente Ambiental Impactado
Difusión, capacitación y aseguramiento	Reglamentos y buenas prácticas para prevención y manejo de impactos.
	Programa de gobernanza para la sostenibilidad con actores involucrados.
	Programa de difusión y capacitación.
Trazo de áreas de aprovechamiento permanente y temporal.	Eliminación de vegetación zona terrestre.
	Migración de fauna.
	Generación de empleos directos e indirectos.
Rescate de flora y fauna terrestre y lagunar	Rescate de especies vegetales zona terrestre.
	Rescate de fauna en zona terrestre y lagunar.
	Generación de empleos directos e indirectos.
Acarreo de materiales	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.
Delimitación áreas de aprovechamiento.	Colocación mallas y cintas para delimitación áreas de aprovechamiento y conservación.
Implementación sistema señalización ambiental.	Colocación de señalética en zona terrestre para restricciones y medidas preventivas y de conservación.
	Colocación sistema de señalización en zona lagunar para restricciones y medidas preventivas y de conservación.
Estudios geofísica y geotécnicos	Calidad del agua. Re suspensión de sedimentos en zona lagunar.
Desmante y despilme (habilitación de accesos y plataformas de trabajo en tierra + zona de Patio de Maniobras).	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.
	Pérdida temporal y permanente de vegetación.
	Pérdida de hábitats.
	Paisaje. Fragmentación de unidades naturales en zona terrestre.
	Remoción y pérdida temporal de suelos.
	Alteración microclimática.
	Migración temporal de fauna.
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
	Movimiento de materiales a o desde bancos de tiro.
	Generación empleos directos.
Demanda servicios y obras de apoyo a personal (servicios de alimentación, sanitarios, vehículos, maquinaria y equipo).	
Construcción y operación del Patio de Maniobras	Calidad del aire. Contaminación por gases y polvos
	Calidad del aire. Contaminación por ruido.
	Generación empleos directos e indirectos.
	Demanda servicios y obras de apoyo a personal (servicios de alimentación, sanitarios, vehículos, maquinaria, equipo, materiales para la construcción, otros).
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
Habilitación de vivero para programas de restauración áreas de aprovechamiento	Habilitación vivero.
	Generación de empleos.

Factor de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental y Componente Ambiental Impactado
temporal y restauración de áreas de manglar perturbadas.	
Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP.	Generación de empleos.
	Habilitación de canales para rehabilitación hidráulica
	Colecta y embolsado de propágulos de manglar.
	Reforestación de áreas degradadas.
	Incremento de bienes y servicios ambientales.

Fuente: GPPA, S. C.

Tabla 6.4. Factores e Impactos esperados para la fase de Construcción.

Factor de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental
Restauración áreas de manglar perturbadas SAR y ANP.	Generación de empleos.
	Habilitación de canales para rehabilitación hidráulica
	Colecta y embolsado de propágulos de manglar.
	Reforestación de áreas perturbadas.
	Incremento de bienes y servicios ambientales.
Confinamiento áreas de trabajo.	Salud y seguridad de trabajadores, contratistas y proveedores.
Control vial	Seguridad población y turistas.
Retiro de materiales y estructuras.	Reciclado de materiales.
Habilitación de muelles provisionales	Re suspensión de sedimentos en zona lagunar.
Excavación en áreas en entronques y áreas de aprovechamiento temporal.	Remoción de sedimentos y suelo en la zona terrestre.
	Migración de fauna
	Generación de empleos directos e indirectos.
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
Acarreo de materiales desde bancos de préstamo.	Movimiento de materiales a bancos de tiro.
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
Conformación de terraplenes (entronques).	Generación de empleos directos e indirectos.
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.
Hincado de tablestacas en perímetro terraplén entronque zona hotelera.	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
	Re suspensión de sedimentos en zona lagunar.
Construcción de casetas, edificio administrativo y de servicios.	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
Restauración de áreas de aprovechamiento temporal. Entronques.	Generación de empleos.
	Renivelación de terreno.
	Reforestación.
Forestación y creación de áreas verdes.	Forestación y ajardinado de áreas de trabajo.
	Generación de empleos directos e indirectos.
Elaboración de concreto, trabes, ademes en Patio de	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.

Factor de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental
Maniobra para tramos 1 al 5.	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
Conformación de terraplenes y plataformas provisionales (áreas de aprovechamiento temporal). Tramo 2.	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.
	Alteración hidrodinámica superficial.
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
Hincado Tubos de acero (ademe). Tramo 2.	Migración de fauna
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Contaminación por residuos líquidos y sólidos.
	Alteración de estratos y estructuras geológicas (cavernas, fallas, fracturas preferenciales, otras).
	Pérdida de vegetación y hábitats.
	Migración temporal de fauna.
Perforación y extracción de materiales para pilas. Tramo 2.	Alteración hidrodinámica superficial.
	Generación empleos directos e indirectos.
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Calidad del suelo y acuífero. Contaminación por residuos líquidos y sólidos.
Colado de pilas del Tramo 2.	Remoción y pérdida de sedimentos.
	Migración temporal de fauna.
	Generación empleos directos e indirectos.
	Contaminación por gases y polvos
Construcción de cabezales y montaje de trabes. Tramo 2.	Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
	Migración de fauna
	Contaminación por gases y polvos
Construcción de losa rodamiento. Tramo 2.	Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
	Migración de fauna
Acabado de la superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos. Tramo 2	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
Restauración áreas de aprovechamiento temporal. Tramo 2.	Migración de fauna
	Generación de empleos.
	Renivelación de terreno.
Hincado de tubos de acero (ademes). Tramo 3.	Reforestación.
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Contaminación por residuos líquidos y sólidos.
	Pérdida de vegetación y hábitats.
	Migración temporal de fauna.
	Alteración hidrodinámica superficial.
Alteración de estratos y estructuras geológicas (cavernas, fallas, fracturas preferenciales, otras).	
Generación empleos directos e indirectos.	

Factor de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental
Perforación y extracción de materiales para cada pilote del Tramo 3.	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Contaminación por residuos líquidos y sólidos.
	Remoción y pérdida de sedimentos.
	Migración temporal de fauna.
Colado de pilas del Tramo 3.	Generación empleos directos e indirectos.
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
Construcción de cabezales y montaje de trabes. Tramo 3.	Migración de fauna
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
Construcción de losa rodamiento. Tramo 3.	Migración de fauna
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
Acabado de la superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos. Tramo 3)	Migración de fauna
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Generación de empleos directos e indirectos.
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos.
Acceso de barcazas para construcción Tramo 4.	Migración de fauna
	Modificación de la topografía
	Contaminación de suelo y acuífero por residuos líquidos y sólidos
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
Instalación de barrera o cortina anti dispersión. Tramo 4	Migración de fauna
	Generación de empleos directos e indirectos
	Re suspensión de sedimentos. Contención.
Hincado Tubos de acero (ademe). Tramo 4.	Sedimentación de material en suspensión.
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Re suspensión de sedimentos en zona lagunar.
	Contaminación por residuos líquidos y sólidos.
	Alteración de estratos y estructuras geológicas (cavernas, fallas, fracturas preferenciales, otras).
	Pérdida de vegetación y hábitats de pastos marinos.
	Fauna bentónica. Pérdida.
	Migración temporal de fauna.
	Re suspensión de sedimentos y alteración de fondos y vegetación sumergida.
	Generación empleos directos e indirectos.
Alteración temporal de servicios turísticos náuticos	
Perforación y extracción de materiales para pilas. Tramo 4.	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Re suspensión de sedimentos en zona lagunar.
	Contaminación por residuos líquidos y sólidos.
	Remoción y pérdida de sedimentos zona lagunar.
	Migración temporal de fauna.
	Generación empleos directos e indirectos.
Alteración temporal de servicios turísticos náuticos	

Factor de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental
Colado de pilas del Tramo 4.	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Re suspensión de sedimentos en zona lagunar.
	Contaminación por residuos líquidos y sólidos.
	Migración temporal de fauna.
	Generación empleos directos e indirectos.
Construcción de cabezales y montaje de trabes. Tramo 4.	Alteración temporal de servicios turísticos náuticos
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Contaminación por residuos líquidos y sólidos.
	Migración temporal de fauna.
	Generación empleos directos e indirectos.
Construcción de losa rodamiento. Tramo 4.	Alteración temporal de servicios turísticos náuticos
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Contaminación por residuos líquidos y sólidos.
	Migración temporal de fauna.
	Generación empleos directos e indirectos.
Acabado de la superficie de rodamiento (pavimentación, carpeta asfáltica, guarniciones, banquetas y parapetos cableado eléctrico, luminarias, pintura y señalamientos. Tramo 2	Alteración temporal de servicios turísticos náuticos
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Contaminación por residuos líquidos y sólidos.
	Migración temporal de fauna.
	Generación empleos directos e indirectos.
	Alteración temporal de servicios turísticos náuticos
	Contaminación por gases y polvos
	Contaminación por ruido.
	Contaminación por residuos líquidos y sólidos.
Migración temporal de fauna.	

Fuente: GPPA.

Tabla 6.5. Factores e Impactos esperados para la fase de Operación y Mantenimiento.

Factor de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental
Restauración de áreas de manglar perturbadas en SAR y ANP.	Generación de empleos.
	Reforestación de áreas perturbadas
	Contribución a la conservación, restauración y mejoramiento de ecosistemas y especies ambientalmente sensibles en el humedal de manglar y otros humedales.
	Incremento de bienes y servicios ambientales. Aseguramiento del Capital Natural.
Cesión de terrenos al patrimonio de los bienes nacionales.	Incremento de áreas de conservación.
	Aseguramiento de capital natural, así como de los bienes y servicios ambientales.
Iluminación.	Alteración de hábitos en fauna terrestre y lagunar.
Pilas de la superestructura.	Alteración de hidrología superficial en zona terrestre.
	Alteración en patrón sedimentario por alteración de hidrodinámica lagunar en la cuenca.
	Depósito de sedimentos y afectación de pastos marinos.
Puente sección terrestre.	Decremento en la productividad natural por efecto de sombra sobre la vegetación.
Puente sección lagunar.	Decremento en la productividad natural por efecto de sombra sobre la vegetación.
Circulación de vehículos.	Contaminación zona lagunar por aceites y combustibles.
	Contaminación por aceites y combustibles.
Superestructura.	Fragmentación y modificación de ambientes naturales.
	Fortalecimiento e incremento en la movilidad de bienes y servicios.

Factor de Impacto Ambiental	Impacto Ambiental
Conectividad e integración territorial de la zona urbana y hotelera.	Incremento de actividades económicas y generación de riqueza.
	Generación de empleos directos e indirectos.
Salud y seguridad.	Disminución en los tiempos de atención a emergencias (accidentes, incendios y seguridad).
	Movilidad oportuna para población y turistas en casos de contingencias ambientales.
	Bienestar social. Disminución en los tiempos de traslado para los trabajadores y prestadores de servicios del sector turístico.
Movilidad zona urbana y turística.	Disminución de la generación de GEI y contribución a las estrategias de mitigación del cambio climático.
	Disminución de la generación de GEI y contribución al mejoramiento en la salud pública.
	Decremento del tráfico y tiempos de traslado de trabajadores y proveedores de servicios del sector.
	Mejoramiento del destino. Conectividad con la zona urbana.
Mantenimiento de la superestructura	Contaminación de sistema lagunar, suelos y vegetación por mantenimiento de pavimentos y estructura.
	Afectación áreas de vegetación por estabilización de taludes.

Fuente: GPPA.

Una vez identificados y evaluados los impactos (Capítulo 5), se procedió al análisis para determinar las medidas de manejo y control más adecuadas para cada etapa del Proyecto, las cuales tienen la finalidad de generar un **impacto neto positivo** por el desarrollo del Proyecto.

6.2 SISTEMA DE GESTIÓN ADAPTATIVO PARA LA SOSTENIBILIDAD (SGAS) DEL PROYECTO PUENTE VEHICULAR NICHUPTÉ

La forma de integrar la información y hacer un seguimiento efectivo a través de la vida útil del Proyecto es a través de un Sistema ordenado de manejo y gestión, el cual, funciona como un instrumento operativo, formado por un conjunto de reglas o principios, que permite a la Autoridad verificar la congruencia entre las condiciones existentes en la zona de influencia directa, la indirecta del Proyecto y SAR, la evaluación de los impactos y las medidas de atención propuestas.

En este sentido, se ha diseñado un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad para el Proyecto Vehicular Puente Nichupté (SGAS) que tiene como objetivos:

- Implementar las operaciones y actividades relacionadas con el Proyecto, en un marco de conservación y uso sostenible de los ecosistemas, los bienes y los servicios ambientales involucrados, con la finalidad de que el Proyecto sea responsable y sustentable.

- Contar con un instrumento práctico e integral que vigile la aplicación en tiempo y forma de las medidas de manejo de impactos que fueron comprometidas por el Proyecto.
- Integrar en este instrumento, mecanismos específicos y acciones programadas que permitan dar atención y estricto cumplimiento tanto a los criterios de manejo previstos en el Programa de Ordenamiento aplicable al proyecto, como a los términos y condicionantes ambientales que la SEMARNAT le imponga en el caso de que sea autorizado, así como, a los criterios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible aplicables para al proyecto.
- Posibilitar dentro de un marco operativo específico, la verificación del estricto cumplimiento de la legislación y la normatividad ambiental federal y estatal aplicable al proyecto.
- Identificar posibles impactos no previstos en la presente MIA-R que pudieran ser generados con el desarrollo del proyecto.
- Actualizar y mejorar continuamente las medidas de manejo, mitigación y compensación de impactos ambientales debidos al Proyecto.
- Implementar modelos de Buenas Prácticas de Manejo Ambiental.

Las acciones propuestas pretenden prevenir, mitigar o compensar los impactos identificados en el Capítulo 5, así como cualquier otro que pudiera ocurrir durante la operación del proyecto que no haya sido contemplado. Para identificar el tipo de acción de que se trate se emplean los siguientes criterios de clasificación:

- **Prevención (P):** Acción que pretende evitar efectos previsibles de deterioro ambiental¹.
- **Mitigación (M):** Acción que pretende atenuar los impactos ambientales².
- **Compensación (C):** Acción que pretende igualar en sentido positivo los efectos negativos producidos al ambiente por el desarrollo del Proyecto.

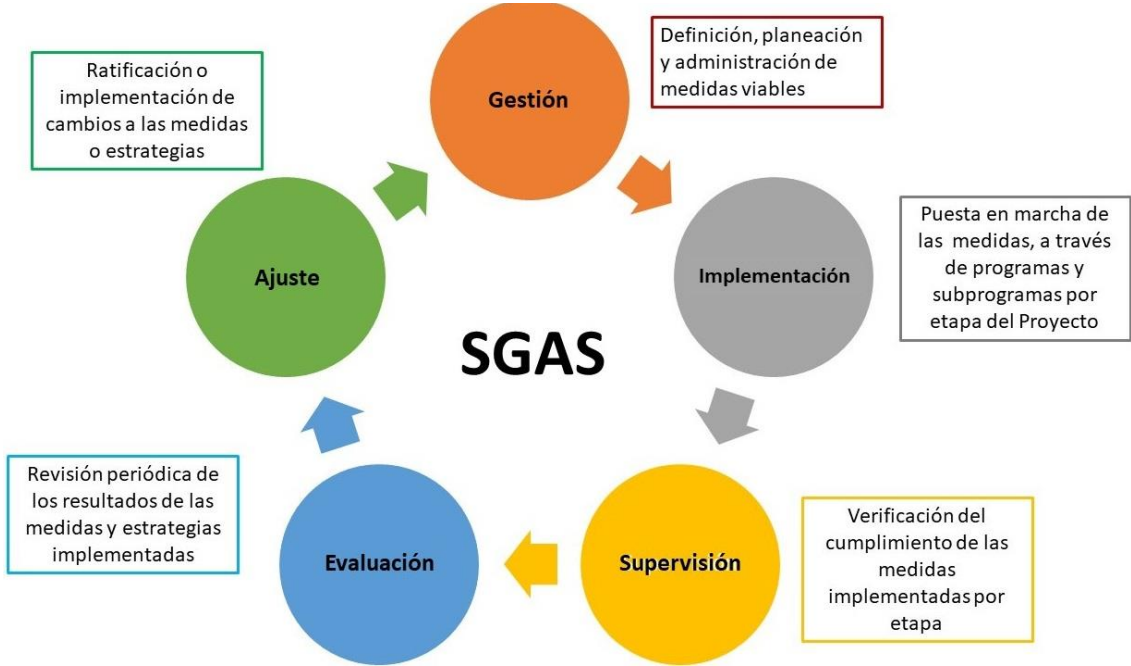
El diseño, aplicación y revisión de las medidas propuestas en el **SGAS** siguen un orden lógico que, hace posible corregir errores y eliminar problemas no previstos con base en los resultados obtenidos en los estudios de línea base y su evaluación periódica a través del Programa de monitoreo. Lo anterior permite que las medidas se adapten a las condiciones

¹ Capítulo I, Artículo 3º, Fracción XIII del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental.

² Capítulo I, Artículo 3º, Fracción XIV del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental.

cambiantes tanto del Proyecto como del medio en el que se encuentra, ya sea en términos naturales, jurídicos o socioeconómicos. Por lo anterior, cada una de las medidas de atención propuestas, atraviesa por cinco fases: **a) gestión**, en donde se define; **b) implementación**, cuando se pone en práctica; **c) supervisión**, cuando se verifica su cumplimiento y, por último, **d) evaluación**, donde se determina si es necesario modificarla, para qué y cómo y **e) ajuste**, una vez aprobado el cambio se integra al SGAS y se implementa (Figura 6. 3).

Figura 6. 3. Fases de evaluación interna de las medidas propuestas en el SGAS del PVN.



Fuente: GPPA.

6.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GESTIÓN ADAPTATIVO PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL PUENTE VEHICULAR NICHUPTÉ

El SGAS del Proyecto funciona a partir de Programas, definidos como series ordenadas de operaciones o actividades, orientadas a cumplir las obligaciones en materia ambiental y atender los impactos negativos identificados en cada una de las etapas del Proyecto. Cada Programa engloba a su vez series más pequeñas de acciones dirigidas hacia un objetivo particular denominadas Subprogramas.

El SGAS, está conformado por **10** programas y **25** subprogramas, el eje central es el Programa de Supervisión y Gestión Ambiental (**Tabla 6.6**).

El Programa de Supervisión y Gestión Ambiental (PSGA) funciona como un mecanismo de regulación, verificación y supervisión del resto de los programas, para garantizar su funcionamiento y mejorar su efectividad. A la par de esta supervisión, se contempla contar con una supervisión externa por parte de un comité externo, integrado por diferentes instancias competentes para tal fin (autoridades, instituciones académicas, OSC, entre otros). El resto de los Programas y sus respectivos subprogramas contienen medidas que inciden directamente sobre alguno de los impactos identificados, así como medidas que se enfocan en generar conciencia en los actores que producen dichos impactos y así disminuirlos por lo que se les llamará “de acción”.

Es importante señalar, que los resultados de las acciones que se proponen serán incorporados en los informes de cumplimiento de términos y condicionantes.

Tabla 6.6. Conformación del SGAS del proyecto Puente Vehicular Nichupté.

CLAVE	PROGRAMA	CLAVE	SUBPROGRAMA
PSGA	SUPERVISIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL	SSGA	Supervisión y Gestión Ambiental
		SCA	Cumplimiento Ambiental
PMIV	MANEJO INTEGRAL DE LA VEGETACIÓN	SMAC	Manejo de Áreas de Conservación
		SRMV	Rescate y Manejo de Vivero
		SRAAT	Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal
PMIF	MANEJO INTEGRAL DE FAUNA	SMRF	Manejo y Rescate de Fauna

CLAVE	PROGRAMA	CLAVE	SUBPROGRAMA
		SCFyFIT	Control de Fauna y Fauna de Importancia Toxicológica
PMIR	MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS	SRSUyME	Residuos Sólidos Urbanos y Manejo Especial
		SRLS	Residuos Líquidos y Sanitarios
		SRP	Residuos Peligrosos
PMA	MONITOREO AMBIENTAL	SMV	Monitoreo de la Vegetación
		SMF	Monitoreo de Fauna
		SMSLyBA	Monitoreo del Sistema Lagunar y Biotas Acuáticas
		SMFQA	Monitoreo Físico-Químico del Agua
		SMS	Monitoreo de los Sedimentos
		SMHL	Monitoreo de Hidrodinámica Lagunar
		SMILS	Monitoreo de la Incidencia de Luz Solar
		PGS	MANEJO Y GESTIÓN SOCIAL
SDA	Difusión Ambiental		
SSA	Señalización Ambiental		
SGS	Gestión Social		
PSACA	SEGURIDAD Y ATENCIÓN A CONTINGENCIAS AMBIENTALES	SSS	Salud y Seguridad
		SPMC	Prevención y Manejo de Contingencias
PRMAAM	REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO AMBIENTAL DE ÁREAS DE MANGLAR	SRMAM	Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar
PVA	VIGILANCIA AMBIENTAL EXTERNA	SVA	Vigilancia Ambiental
PPRPM	PILOTO PARA LA RECUPERACIÓN DE PASTOS MARINOS		

Mediante la implementación de las acciones que permiten cumplir los objetivos de cada uno de los programas del SGAS, se prevendrán, mitigarán o compensarán los impactos identificados en el Capítulo 5 de esta MIA-R. La relación entre los programas del SGAS y los impactos sobre los que inciden se muestra en la **Tabla 6.7**.

Tabla 6.7. Atención del SGAS a los impactos identificados en el capítulo 5 de esta MIA-R.

Programa de Gestión Adaptativo de la Sostenibilidad	
Programa	Impacto atendido
PMIV	Pérdida de superficie
	Pérdida de individuos de especies vegetales
	Pérdida de individuos en la NOM-059
	Pérdida de suelo
	Fragmentación de paisaje
	Alteración de la hidrología superficial I
	Modificación de ambientes naturales
	Pérdida de bienes y servicios
	Compactación
PMIF	Pérdida de individuos de especies animales
	Pérdida de individuos en la NOM-059
	Desplazamiento de individuos de especies animales terrestres y acuáticos
	Migración
PMIR	Contaminación del suelo por presencia de residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Contaminación del agua por presencia de residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Contaminación del fondo lagunar por residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Contaminación del acuífero por residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Contaminación por lixiviados bancos de tiro
	Contaminación por polvos
	Contaminación por GEI
PMA	Modificación de la hidrología superficial
	Alteración
	Contaminación del agua por residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Pérdida de cobertura vegetal
	Pérdida de individuos de especies vegetales terrestres y acuáticas (manglar, selva y humedales, pastos marinos, fauna lagunar y fauna terrestre)
	Pérdida o desplazamientos de individuos de especies animales terrestres y acuáticos
	Contaminación del acuífero por residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Modificación de paisaje

Programa de Gestión Adaptativo de la Sostenibilidad	
Programa	Impacto atendido
PGS	Contaminación del suelo por residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Contaminación del agua por residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Contaminación de la atmósfera por gases, ruido y polvo
	Pérdida de cobertura vegetal
	Pérdida de individuos de especies vegetales terrestres y acuáticas
	Pérdida de individuos de especies animales terrestres y acuáticos
	Pérdida de biodiversidad alfa
	Tiempos de traslado
PSAC	Pérdida de suelo
	Contaminación del suelo por residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Contaminación del agua por residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Resuspensión de sedimentos.
	Liberación de contaminantes retenidos en sedimentos.
	Contaminación del fondo lagunar por residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Contaminación del acuífero por residuos líquidos, sólidos y peligrosos
	Reducción de hábitats
	Contaminación por ruido
	Contaminación por polvos
	Contaminación por GEI
PRMAAM	Pérdida de suelo
	Compactación
	Alteración de hidrología superficial zona terrestre
	Pérdida de biodiversidad alfa
	Pérdida temporal de superficie de Manglar, Selva y Humedales
	Pérdida de individuos en la NOM-059
	Fragmentación de ecosistemas y paisaje
	Disminución de la productividad por efecto de sombra
	Pérdida de bienes y servicios por proyecto
PPRPM	Pérdida temporal de superficie (pastos marinos)
	Pérdida de individuos en NOM 059 (pastos marinos)
	Pérdida de bienes y servicios por proyecto (pastos marinos)

Fuente: GPPA

Como se ha señalado, uno de los ejes rectores del SGAS es la legislación ambiental desde todos los niveles de gobierno, incluyendo todas las leyes, reglamentos y normas aplicables al Proyecto. Cada programa y subprograma está diseñado de tal forma que cumpla con lo dispuesto con los distintos instrumentos normativos aplicables, tal y como se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 6.8. Instrumentos normativos aplicables al Proyecto y su relación con los diferentes Programas del SGAS. Nota. - P: Etapa de Preparación; C: Construcción; O/M: Etapa de Operación y Mantenimiento. En color azul se destaca la etapa en la que se presentará la medida.

Instrumento	Vinculación con SGAS			Etapa del Proyecto		
	Programa	Subprograma	Acciones puntuales	P	C	O/M
Ley General de Vida Silvestre	PRMAAM	SRMAM	Incrementar la cobertura del manglar y mejorar la calidad ambiental del SLN a través de las acciones que se desarrollen en las 306 ha al interior del SAR.			
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	PMIR	SRP	<ul style="list-style-type: none"> Supervisar a la empresa constructora en la identificación, clasificación, envase y manejo integral de los residuos. Disponer temporalmente los residuos peligrosos en un almacén, que tendrá a su vez carácter temporal Transportar y llevar a cabo la disposición final de los residuos peligrosos a través de empresas y sitios acreditados por la autoridad ambiental 			
Ley General de Cambio Climático	PSGA	SSGA, SCA	Supervisar la implementación por etapa de las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales; verificar que las medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales adicionales o ajustadas se integren en el SGAS.			
Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo	PRMAAM	SRMAM	Incrementar la cobertura del manglar y mejorar la calidad ambiental del SLN a través de las acciones que se desarrollen en las 306 ha al interior del SAR.			
Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	PMIV, PMIF	SMAC, SRMV, SMRF	Fomentar la conservación, protección y mantenimiento de las zonas donde no se llevará a cabo ninguna obra o actividad, conservando así la vegetación original y los espacios de refugio para la fauna silvestre en su ambiente natural. Reubicar a los ejemplares de fauna terrestre y biota marina que se encuentren en áreas de aprovechamiento del proyecto y reubicarlos en zonas de conservación			

Instrumento	Vinculación con SGAS			Etapa del Proyecto		
	Programa	Subprograma	Acciones puntuales	P	C	O/M
	PRMAAM	SRMAM	Incrementar la cobertura del manglar y mejorar la calidad ambiental del SLN a través de las acciones que se desarrollen en las 306 ha al interior del SAR.			
	PSGA PMA	SSGA, SMV, SMF, SMSLyB A	Establecer puntos de muestreo permanentes en las áreas de conservación, coadyuvar con la CONANP para el monitoreo de los efectos del CCG en el SLN, Muestreo semestral de la vegetación terrestre durante el proceso constructivo, muestreo semestral de la fauna en el área de influencia del Proyecto y SAR durante el proceso constructivo, etc.			
Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe	PMIV, PMIF	SMAC, SRMV, SMRF	Trasplantar y propagar individuos de especies representativas de los ecosistemas afectados por el desarrollo del proyecto, en especial aquellas en alguna categoría de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010.			
	PRMAAM	SRMAM	Incrementar la cobertura del manglar y mejorar la calidad ambiental del SLN a través de las acciones que se desarrollen en las 306 ha al interior del SAR.			
Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez	PMIV, PMIF, PMA	SMR, SAC, SF, SV	Fomentar la conservación, protección y mantenimiento de las zonas donde no se llevará a cabo ninguna obra o actividad, conservando así la vegetación original y los espacios de refugio para la fauna silvestre en su ambiente natural. Reubicar a los ejemplares de fauna terrestre y biota marina que se encuentren en áreas de aprovechamiento del proyecto y reubicarlos en zonas de conservación. Monitoreo de flora y fauna.			
	PRMAAM	SRMAM	Incrementar la cobertura del manglar y mejorar la calidad ambiental del SLN a través de las acciones que se desarrollen en las 306 ha al interior del SAR.			
NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características y procedimientos de identificación, clasificación y listado de los residuos	PMIR	SRS, SRP, SRS	Construcción, operación y mantenimiento de un almacén temporal para residuos peligrosos bajo los lineamientos que establece la autoridad en la materia.			
NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, Que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos	PMIR, PSA	SRP, SSA	Establecer plataformas para el mantenimiento de maquinaria y equipos que permiten en caso de derrames la aplicación de los procedimientos respectivos. Todos los residuos se			

Instrumento	Vinculación con SGAS			Etapa del Proyecto		
	Programa	Subprograma	Acciones puntuales	P	C	O/M
y las especificaciones para su caracterización y remediación.			concentrarán en el almacén temporal y serán recolectados periódicamente por una empresa autorizada para su confinamiento.			
NOM-059-SEMARNAT-2010, Que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligros de extinción, amenazados, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección.	PMIV, PMIF, PMA, PRMAAM, PPRPM	SMR, SAC, SF, SV	Rescate, reubicación y monitoreo de flora y fauna.			
NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	PMIV, PMA	SR, SVR, SV	Programa de monitoreo de vegetación que incluye parámetros de estructura y función del manglar, así como un análisis comparativo del cambio en su extensión a lo largo del tiempo.			
NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	PSA, PDA	SSA, SIE	Programa de mantenimiento periódico de los equipos siguiendo recomendación de los fabricantes. La instalación de silenciadores en los escapes de los vehículos y la afinación periódica de los motores.			
NOM-041-SEMARNAT-1999, Límites Máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	PSA	SSA	Mantener en buen estado de la maquinaria para evitar elevadas emisiones de gases de combustión durante las operaciones.			
NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y	PSA	SSA	Mantener en buen estado de la maquinaria para evitar elevadas emisiones de gases de combustión durante las operaciones. Afinación periódica de los motores.			

Instrumento	Vinculación con SGAS			Etapa del Proyecto		
	Programa	Subprograma	Acciones puntuales	P	C	O/M
características técnicas del equipo de medición.						
NOM-012-SSA1-1993 requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.	PSAC	SSS	Evaluaciones periódicas de cumplimiento			
NOM-001-STPS-1999, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad e higiene.	PSAC	SSS	Evaluaciones periódicas de cumplimiento			
NOM-002-STPS-2000, Condiciones de seguridad Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.	PSAC	SSS	Evaluaciones periódicas de cumplimiento			
NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejan, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.	PSAC	SSS	Evaluaciones periódicas de cumplimiento			
NOM-017-STPS-2001, Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.	PSAC, PDA	SSS, SC	Evaluaciones periódicas de cumplimiento			
NOM-019-STPS-2004, Constitución y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.	PSAC	SSS, SC	Capacitación en la materia y organización de trabajadores			
NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.	PSAC	SSS, SIS	Revisiones periódicas y reportes de cumplimiento			
NOM-026-STPS-1998 Colores y señales de	PSAC, PDA	SSS, SIS	Programas de capacitación en la materia			

Instrumento	Vinculación con SGAS			Etapa del Proyecto		
	Programa	Subprograma	Acciones puntuales	P	C	O/M
seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.						
Procedimiento alternativo a las disposiciones contenidas en el capítulo 8, relativas a las señales de información, señal D.1.1 Ubicación de un Extintor de la NOM-026-STPS-1998, colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.	PSAC, PDA	SS, SIS	Programas de Capacitación en la materia			
NOM-022-STPS-2008 Electricidad estática en los centros de trabajo- condiciones de seguridad e higiene.	PSAC	SSS	Revisiones periódicas y reportes de cumplimiento			
NOM-003-SEGOB-2002, Señales y Avisos para Protección Civil. Colores, formas y símbolos a utilizar.	PSAC, PDA	SPMC, SIE, SC	Programas de Capacitación en la materia			
NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones eléctricas (utilización).	PSA, PSAC	SSA, SPMC	Revisiones periódicas y reportes de cumplimiento			
NOM-063-SCFI-2001, Productos eléctricos-conductores. Requisitos de seguridad.	PSA, PSAC	SSA, SPMC	Revisiones periódicas y reportes de cumplimiento			
NOM-162-SEMARNAT-2012 Especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de tortugas marinas en su hábitat de anidación	PMIF, PDA	SMRF, SC	Programas de capacitación, revisiones periódicas y reportes de cumplimiento			

6.3.1 Medidas de mitigación contra el Cambio Climático

En el año 2015 se publicó el documento Cadenas de Impacto del Cambio Climático en Áreas Costeras (Pramova, 2013), el cual tiene por objetivo dar a entender, identificar y comunicar las cadenas de impacto producto del cambio climático, así como las posibles medidas y buenas prácticas de mitigación y adaptación en especial atención a las zonas costeras.

Esta bibliografía se utilizó como literatura base y apoyo para identificar y definir las principales acciones que contiene el SGAS-PVN como medidas de prevención, mitigación o compensación de impactos ambientales potenciales (ver Capítulo 5) producto del cambio climático en el área del Proyecto y del SAR.

6.3.2 Medidas ante contingencia sanitaria provocada por el virus SARS-CoV-2

Derivado de la contingencia sanitaria de 2019 durante la ejecución de las actividades de preparación y construcción del Proyecto, se deberá vigilar el cumplimiento a las medidas definidas por el estado de Quintana Roo y demás autoridades sanitarias. Dado que estas medidas están sujetas a modificación de acuerdo con los avances en la investigación y el comportamiento de la enfermedad y al desarrollo de la enfermedad en la población local, es por ello que, a lo largo del SGAS no se incluyen medidas específicas, sin embargo, el Promotor del Proyecto y los contratistas involucrados estarán obligados a poner en práctica las medidas vigentes de acuerdo con la etapa en que se encuentre el Proyecto.

A continuación, se presenta cada uno de los programas y subprogramas del SGAS y sus medidas. Como indicador de las medidas asociadas con cambio climático, se colocó un asterisco (*) al lado de cada número de acción para diferenciarlas.

6.3.3 Programa de Supervisión y Gestión Ambiental (PSGA)

El Programa de Supervisión y Gestión Ambiental (PSGA) es el programa guía o programa verificador del resto de programas que conforman el SGAS, la función principal es verificar el cumplimiento de las obligaciones ambientales del proyecto durante el desarrollo de todas sus actividades; asimismo, a través de este PSGA se implementan estrategias para llevar a cabo los objetivos y metas de los programas y subprogramas del SGAS. Los principales objetivos del PSGA son:

Objetivos:

1. Verificar el cumplimiento de las obligaciones ambientales del proyecto, mediante auditorías ambientales internas permanentes y sistemáticas.
2. Verificar que los cambios de uso de suelo se lleven a cabo de acuerdo con el programa para evitar la presencia de superficies sin cubierta vegetal
3. Comprobar los procesos constructivos

Dentro de los objetivos del PSA se encuentran supervisar el cumplimiento de las obligaciones ambientales del Proyectos, dentro de las cuales, se incluye a la condicionantes ambientales que sean impuestas al proyecto en caso de resultar autorizado. Asimismo, vigilará el cumplimiento a los criterios ambientales señalados en los instrumentos jurídicos aplicables al proyecto (Ver Capítulo 3), en la **Tabla 6.9**, se presentan las normas particulares a las que se le dará seguimiento y que fueron consideradas en la conformación de los diferentes Programas y Subprogramas del SGAS.

Tabla 6.9. Vinculación de referencia para la conformación de los programas, acciones y formas de evaluación para el Proyecto

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
AGUA	
NOM-002-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.	SE CUMPLE El Proyecto cumplirá con los estándares establecidos en esta Norma Oficial respecto a los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales, pH, temperatura y especificaciones. Asimismo, se emplearán los métodos de prueba establecidos en esta NOM.
RESIDUOS	
NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	SE CUMPLE Los residuos peligrosos que se generen recibirán el tratamiento que refiere la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento a nivel federal y estatal. Asimismo, se contará con un programa de manejo integral de residuos, descrito en el presente capítulo 6.
NOM-054-SEMARNAT-1993, Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	SE CUMPLE Se tomarán en cuenta esos criterios para evitar la mezcla de residuos en los sitios de almacenamiento temporal.
NOM-061-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión a	SE CUMPLE El programa de manejo integral de residuos planteado, se elaboró con observancia y apego a la referida norma NOM-061-SEMARNAT-2011.

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de planes de manejo	
RUIDO	
NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	SE CUMPLE Se le dará mantenimiento a la maquinaria, para que estén en buen estado y no emitan ruido que pueda rebasar los límites establecidos, así como, también se implementará un plan de mantenimiento para verificar el buen funcionamiento de la maquinaria, con el fin de evitar el derrame de combustible, aceites o grasas.
NOM-085-SEMARNAT-2011, Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.	SE CUMPLE La operación de la maquinaria respetará los niveles de emisión que señala la NOM-085-SEMARNAT-2011.
SUELO	
NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	SE CUMPLE Durante la operación del Proyecto se pueden suscitar derrames de combustibles debido a fallas o accidentes en maquinarias o recipientes; por lo que, se consideran estrategias de acción en atención contingencias, así como el almacenamiento temporal y disposición final de los residuos, y aquellos que se generen en la limpieza del derrame, por empresas acreditadas ante la autoridad correspondiente. Las barcasas de apoyo para la colocación de las pilas contarán con equipo para contención de hidrocarburos en el agua. Todo lo anterior en apego a lo establecido en los diferentes programas y subprogramas que se describen en el presente capítulo 6.
FLORA Y FAUNA	
NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo.	SE CUMPLE Se realizó un estudio detallado de caracterización del sitio, incluido en el Capítulo 4 de esta MIA-R, que permitió verificar si existen o no especies listadas en esta norma. Las especies incluidas, constituirán la base del diseño del Programa de rescate, ahuyentamiento y reubicación de Flora y Fauna. Asimismo, en el Capítulo 3, se especifica la forma en que se dará cumplimiento a esta NOM.
SEGURIDAD E HIGIENE LABORAL	

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciónes de seguridad e higiene.	SE CUMPLE Durante el tiempo que duren los trabajos relacionados a la construcción y puesta en marcha del proyecto, se contará con las condiciones adecuadas para prevenir riesgos a los trabajadores.
NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.	SE CUMPLE Durante el desarrollo del proyecto, se tendrá especial cuidado en supervisar las condiciones de seguridad para evitar situaciones de riesgo que puedan ocasionar incendios, además se contará con los extintores de acuerdo al tipo de fuego que pueda ocasionarse, mismos que se revisarán constantemente para mantenerlos vigentes y funcionales.
NOM-017-STPS-2008, Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.	SE CUMPLE El personal que laborará contará con el equipo de protección personal de acuerdo con las actividades que realice en el proyecto, dando cumplimiento a la norma.
NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.	SE CUMPLE Se dispondrá de un sistema de iluminación en las instalaciones, para el resguardo de maquinaria, así como, se colocarán reflectores con luz contenida, con la finalidad de agilizar la duración de la obra y cesar los impactos debidos al proceso constructivo en el SA. El diseño de la iluminación incluirá requerimientos para casos de emergencia. Durante la operación, la luz será cuidadosamente ubicada para evitar que la luz sea dirigida fuera de la superficie del puente, así como, para evitar la contaminación lumínica hacia el cielo.
NOM-003-SEGOB-2002, Señales y Avisos para Protección Civil. Colores, formas y símbolos a utilizar.	SE CUMPLE Durante la etapa de construcción y operación, los criterios de esta norma se cumplirán, colocando la señalización conforme a la misma.

El **PSGA** se divide a su vez en dos Subprogramas: a) Subprograma de supervisión y gestión ambiental y b) Subprograma de cumplimiento ambiental. La finalidad de ambos es identificar y registrar de forma sistemática y permanente, el cumplimiento de las medidas de atención, detectar las oportunidades de mejora, omisiones o problemas inherentes a los procesos en las diferentes etapas de desarrollo del Proyecto (preparación, construcción, operación y mantenimiento). A continuación, se describen ambos subprogramas.

6.3.3.1 Subprograma de Supervisión y Gestión Ambiental (SSGA)

Objetivo:

1. Definir e implementar estrategias y acciones en las actividades de planificación y gestión, que conduzcan hacia esquemas de sustentabilidad ambiental en las diferentes etapas del proyecto.

Objetivos específicos:

1. Orientar y gestionar los cambios en el diseño, construcción, operación y mantenimiento del proyecto.
2. Gestionar la obtención de permisos ambientales complementarios.
3. Gestionar la vinculación del proyecto con otros actores (autoridades, sector social y académico).
4. Establecer los mecanismos de interacción entre los diversos actores que participan en el proyecto.
5. Organizar toda la información generada por el SGAS durante las diferentes etapas del proyecto.

Como ya se ha señalado, las acciones para la prevención y mitigación del Proyecto comenzaron a efectuarse desde el diseño del mismo; en este sentido, a continuación, se describen acciones de gestión que han sido requeridas para poder contar con una propuesta de diseño que sea ambiental y legalmente viable.

Dada la naturaleza del Proyecto y los diferentes sectores involucrados en su gestión, se requirieron acciones adicionales para asegurar el cumplimiento del proyecto en materia legal-ambiental-social, tal es el caso de la Modificación del proyecto Parque Cancún para pasar un tramo del PVN por el límite este del proyecto; aclaración de límites entre la ZOFEMAT, límites del APFFMN y límites de los terrenos propiedad del estado de Quintana Roo. Por otro lado, un tema que requirió un análisis y gestión profunda, fue con los sitios y superficie en donde se llevarán a cabo las medidas de compensación por las obras dentro de la franja de 100 m de amortiguamiento del manglar, así como, las acciones en beneficio del manglar y otros humedales del Sistema Lagunar Nichupté, las cuales están indicadas de manera descriptiva través del Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar (PRMAAM), que, se presenta en forma de propuesta en el Anexo 6.1. y que serán desarrolladas y puestas en marcha si el Proyecto resulta autorizado, teniendo en cuenta que se requieren estudios adicionales de acuerdo al sitio dentro del SLN. Es debido a esta serie de externalidades que, antes de iniciar el proceso constructivo, se habrán presentado ante la DGIRA, los acuerdos, resoluciones y permisos correspondientes entre el promotor de El Proyecto y las instancias competentes (temas que ya están en gestión).

En función de la información proporcionada para el Capítulo 2, es posible que pueda identificarse otro(s) aspecto(s) que no hayan sido evaluados y requieran alguna acción preliminar en beneficio del sistema y de El Proyecto, para lo cual, se harán las gestiones que se requieran al amparo de la legislación aplicable.

Las acciones contempladas para este subprograma, se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.10**. Como ya se señaló, los numerales que están marcados con un asterisco, indican acciones de mitigación ante el cambio climático.

Tabla 6.10. Acciones del Subprograma de Supervisión y Gestión Ambiental (SSGA).

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo		Parámetro o indicador	
			P	C	OM	A	P	M		C
SSGA	1	1. Ejecutar el Sistema de Manejo Adaptativo y Gestión Ambiental	X	X	X	X	X			
	2*	2. Prohibir la quema de vegetación o basura, así como de acciones que puedan provocar incendios forestales.	X	X		X	X	X	Bitácora de localización de sitios en que se haya realizado remoción de residuos por fase	
	3*	3. Reforestar con vegetación nativa las áreas impactadas por las obras temporales del Proyecto.		X	X	X		X	X	Bitácora de zonas de reforestación con los siguientes datos, coordenadas, número de individuos reforestados por especie
	4	4. Verificar que el Proyecto cumpla los compromisos derivados de la gestión entre dependencias.		X	X	X	X	X		Acuses de ingreso o recepción a las dependencias correspondientes

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	5*	5. Implementar buenas prácticas ambientales para la conservación de la flora y fauna, el manejo integral de residuos y el manejo responsable del agua.	X	X	X	X	X	X	X	Registro en bitácora de cantidad de acciones llevadas a cabo
	6	6. Verificar el programa de obra comprometido por el proyecto y los parámetros de modificación y aprovechamiento autorizados.	X	X	X	X	X			Reportes mensuales de la supervisión ambiental y reportes por evento por parte del comité externo
	7	7. Supervisar la implementación por etapa de las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales		X	X	X	X	X	X	Supervisar la implementación de las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales, durante cada etapa del proyecto
	8	8. Coadyuvar con la CONANP en el programa de inspección y vigilancia	X	X	X	X	X		X	Acuses de ingreso o recepción
		Total	5	8	7	8	7	5	4	

Para llevar a cabo adecuadamente la supervisión y gestión ambiental durante todas las etapas del proyecto, se establecerán acuerdos específicos con el responsable de la obra según la etapa que corresponda y el frente de trabajo, de tal forma que se garantice el cumplimiento de las obligaciones ambientales y se extremen precauciones. Dicho responsable será también el interlocutor mediante el cual, se dará atención a los

requerimientos de la supervisión ambiental que necesiten autorización oficial previa y/o la implementación de medidas ambientales adicionales a las establecidas en este SGAS.

Como apoyo para facilitar la supervisión ambiental, se desarrollará para El Proyecto, un reglamento aplicable a todos los involucrados, adaptado a la etapa en que se encuentre el mismo.

6.3.3.2 Subprograma de Cumplimiento Ambiental (SCA)

Objetivo:

1. Verificar el cumplimiento en tiempo y forma de los aspectos planificados y gestionados a partir del Subprograma de Planificación y Gestión Ambiental.

Para cumplir este objetivo, los supervisores responsables del proyecto (ambiental y proyecto) deberán verificar el cumplimiento de las obligaciones ambientales que se comprometieron en la vinculación normativa presentada con esta MIA-R, así como, los términos y condicionantes que resulten de la autorización de la presente manifestación de impacto ambiental. Las acciones contempladas se mencionan a continuación (**Tabla 6.11**).

Tabla 6.11. Acciones del Subprograma de Cumplimiento Ambiental (SCA).

Subprograma No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
		P	C	OM	A	P	M	C	
SCA	9	1. Supervisar el cumplimiento en tiempo y forma de los compromisos ambientales adquiridos por el promotor del Proyecto en la MIA-R y en la resolución correspondiente.	X	X	X		X		Reporte de acciones y resultados
	10*	2. Verificar que las medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales adicionales o ajustadas se integren en el SGAS	X	X	X	X	X		Acuses de ingreso a la autoridad del ajuste o adición de medidas y
	11	3. Supervisar el cumplimiento de las obligaciones ambientales por parte de todos los involucrados en el desarrollo del proyecto.	X	X	X	X	X		Reportes mensuales de la supervisión ambiental y reportes por evento por parte del comité externo

Subprograma No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
		P	C	OM	A	P	M	C	
12	4. Verificar que los cambios de uso de suelo debido al proyecto se den de acuerdo al programa de obra comprometido y a los parámetros de modificación y aprovechamientos autorizados.	X	X			X			Reportes mensuales de la supervisión ambiental y reportes por evento por parte del comité externo
	Total	4	4	3	2	4	0	0	

6.3.4 Programa de Manejo Integral de la Vegetación (PMIV)

La implementación de un proyecto implica la afectación temporal o permanente en ciertas áreas, ya sea con cobertura vegetal primaria o secundaria o producto de jardinería. Su remoción, puede tener implicaciones, tal es el caso de la alteración de geoformas; pérdida de suelo; pérdida de biodiversidad a nivel de individuos (vegetales y animales), la reducción de hábitat y reducción de superficie para el tránsito de individuos de fauna silvestre.

El Programa de Manejo Integral de Vegetación (PMIV), teniendo en cuenta lo anterior, ha considerado poner en marcha una serie subprogramas y acciones que permitan evitar y/o mitigar los impactos derivados de la remoción de vegetación debido al desplante de las obras permanentes y temporales asociadas con el Proyecto.

Objetivo:

1. Garantizar la existencia de áreas con las características necesarias para funcionar como sitios de alimentación, refugio y/o reproducción de la fauna residente y migratoria naturalmente presente la zona de influencia directa e indirecta del Proyecto.
2. Prevenir, mitigar y compensar los impactos directos e indirectos a las especies y comunidades vegetales y animales, causados por el desarrollo del Proyecto.
3. Mantener y mejorar los bienes y servicios que brinda el ecosistema presente en la zona de influencia ambiental y SAR del Proyecto.

6.3.4.1 Subprograma de Manejo de Áreas de Conservación (SMAC)

Objetivo:

1. Fomentar la conservación, protección y mantenimiento de las zonas donde no se llevará a cabo ninguna obra o actividad, conservando así la vegetación original y los espacios de refugio para la fauna silvestre en su ambiente natural.
2. Recuperar la cobertura vegetal de las áreas de aprovechamiento temporal una vez que estas queden libres restaurando su topografía, hidroperiodo y reforestando con las especies propias de esa zona.

Objetivos específicos:

1. Disponer de fuentes de germoplasma para garantizar la continuidad en el tiempo y espacio de las diversas especies de plantas existentes en el proyecto y el sistema ambiental al que pertenece.
2. Preservar unidades de vegetación que no estarán sujetas a cambio de uso de suelo en su estado actual, que sirvan como refugios biológicos para la alimentación, protección, reproducción y anidación de la fauna silvestre asociada y migratoria.
3. Rehabilitar y/o reforestar las áreas de aprovechamiento temporal del Proyecto una vez queden libres y sea recuperada su cobertura vegetal para que sean incluidas como áreas de conservación.
4. Mejorar la condición de las áreas aledañas a la ZID del proyecto, afectadas por diversos factores ambientales y antropogénicos, a través de la remoción de residuos sólidos, remoción de especies exóticas, entre otras, con la finalidad de mejorar su calidad ambiental.
5. Garantizar la conservación de los bienes y servicios que ofrece la vegetación y los ecosistemas en el área de influencia y sistema ambiental del Proyecto.
6. Erradicar y controlar la presencia de especies exóticas o invasoras que se encuentren en la zona de influencia del Proyecto.

Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.12**.

Tabla 6.12. Acciones del Subprograma de Manejo de Áreas de Conservación (SMAC)

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			p	C	O M	A	P	M	C	
SMAC	13	1. Reforestar con vegetación nativa y propia del área, las áreas que fueron ocupadas por obras temporales del Proyecto			X	X				Bitácora de localización de sitios y registro de cantidad de individuos reforestados y porcentaje de sobrevivencia
	14	2. Señalización de las áreas de conservación del proyecto.	X	X		X	X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			p	C	O M	A	P	M	C	
	15	3. Control y erradicación de especies exóticas invasoras.	X	X	X	X	X	X		Inventario de individuos localizados por especie e individuos removidos.
	16*	4. Inspección y mantenimiento de las áreas de conservación asociadas con la ZID del Proyecto.		X	X	X		X	X	Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
	17*	5. Podar o dirigir el desarrollo de algunas ramas y troncos en donde sea posible para evitar la remoción total del individuo.	X	X	X		X	X		Señalización de individuos y registro y seguimiento en bitácora
	18	6. Colocar señalización restrictiva en áreas próximas al cuerpo lagunar		X	X		X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
		Total	3	5	5	4	4	5	1	

Durante todas las etapas que conforman El Proyecto, se colocarán señalamientos de diversos tipos que indiquen la ubicación de las áreas de conservación, así como las actividades prohibidas que pudieran afectar la calidad del SLN directa o indirectamente, así como, se informará sobre el tipo de organismos que se encuentran en ellas para promover que sean respetados. Los señalamientos estarán dirigidos a todo el personal de obra involucrado, así como a los responsables del mantenimiento y usuarios durante la operación (Figura 6. 4).

De manera paralela, se fomentarán acciones que permitan la participación de todos los sectores y usuarios del Sistema Lagunar Nichupté como ANP y por lo tanto como sitio de conservación, con la finalidad de buscar alternativas para mejorar la calidad ambiental al ser corresponsables de los impactos que recibe el sistema en sus diferentes componentes.

Figura 6. 4. Tipos de señalamientos que podrán ser colocados estratégicamente en la zona de influencia del Proyecto y sistema Ambiental.



Fuente: GPPA.

6.3.4.2 Subprograma de Rescate y Manejo de Vivero (SRMV)

Los objetivos y acciones de este subprograma, están íntimamente relacionadas con el Subprograma Reforestación de áreas de Aprovechamiento Temporal que se describe en el apartado siguiente. En la **Tabla 6.14**, se indica la cantidad de individuos por especie que, de acuerdo con el informe preliminar para gestionar el Cambio de Usos de Suelo en Terrenos Forestales se recomienda rescatar y las especies involucradas.

Objetivo:

1. Disponer de fuentes de germoplasma proveniente de la remoción de vegetación en la ZID y ZII, para garantizar la continuidad en el tiempo y el espacio de especies de plantas que se desarrollan en el área o que se consideren en riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, de acuerdo con la estimación que se realizó en la caracterización del ETJ.
2. Instalar un vivero dentro del patio de maniobras (Figura 6. 5) para mantener y propagar los ejemplares necesarios para las labores de reforestación una vez que las áreas de aprovechamiento temporal asociadas con la ZID del Proyecto se hayan desocupado.

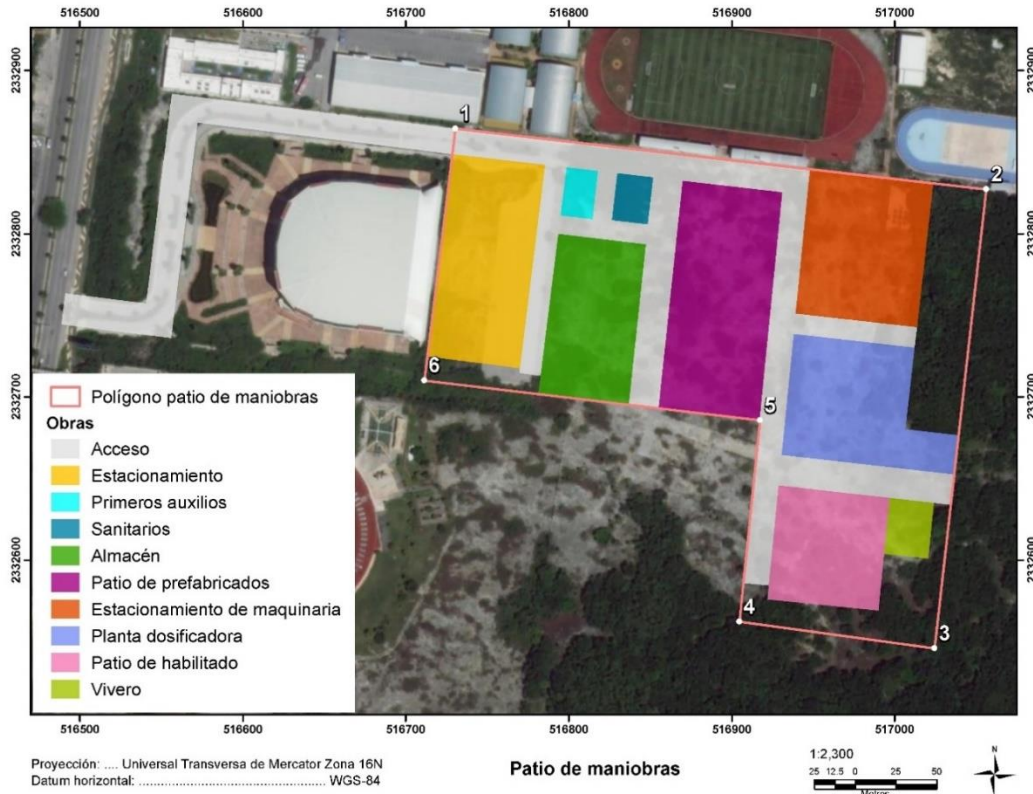
Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.13**.

Tabla 6.13. Acciones del Subprograma de Rescate y Manejo de Vivero (SRMV)

Subprograma	No	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SRMV	19	1. Instalación de un vivero temporal para el mantenimiento de las especies terrestres.	X					X	X	Registro fotográfico y bitácora de control de especies e individuos, propagación y sobrevivencia.
	20	2. Realizar las actividades de remoción de vegetación de forma ordenada, conforme el avance de la obra y en el área mínima de afectación.		X			X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento de inicio y término de actividades y cuantificación de individuos rescatados por especie
	21*	3. Rescate de plantas nativas y traslado al vivero del proyecto para su mantenimiento y posterior trasplante.		X				X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento de inicio y término de actividades y cuantificación de individuos rescatados por especie
	22	4. Registrar los individuos rescatados y su seguimiento en vivero hasta su reubicación.		X	X			X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento de inicio y término de actividades y cuantificación de individuos rescatados por especie
	23*	5. Acopio del suelo retirado por las labores de desmonte para ser utilizarlo como sustrato para las plantas del vivero temporal o para reincorporan a las áreas a reforestar.		X	X			X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
	24	6. Habilitar los insumos necesarios para el mantenimiento de las plantas en el vivero (agua, bomba, mangueras, contenedores para agua)		X	X			X		Bitácora de seguimiento

Subprograma	No	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
			P	C	OM	A	P	M	C		
	25	7. Disponer de los residuos sólidos y material producto de las excavaciones en zonas fuera del manglar.		X	X			X	X		Registro fotográfico, bitácora de seguimiento de acopio temporal y comprobantes de disposición final
	26*	8. Trasplantar y propagar individuos de especies representativas de los ecosistemas afectados por el desarrollo del proyecto, en especial aquellas en alguna categoría de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010, que se encuentren en las áreas de aprovechamiento		X	X	X		X	X		Registro fotográfico y bitácora de control
	27	9. Incorporación del material vegetal triturado producto del desmonte a la vegetación en el vivero y áreas temporales a reforestar.		X	X	X			X		Registro fotográfico, bitácora de seguimiento y registro de las coordenadas del sitio
		Total	1	8	6	2		3	9	1	

Figura 6. 5. Ubicación del vivero de rescate de vegetación proveniente de la ZID y ZII asociadas con el trazo del Proyecto.



Fuente: GPPA con datos de AGEPRO, 2021.

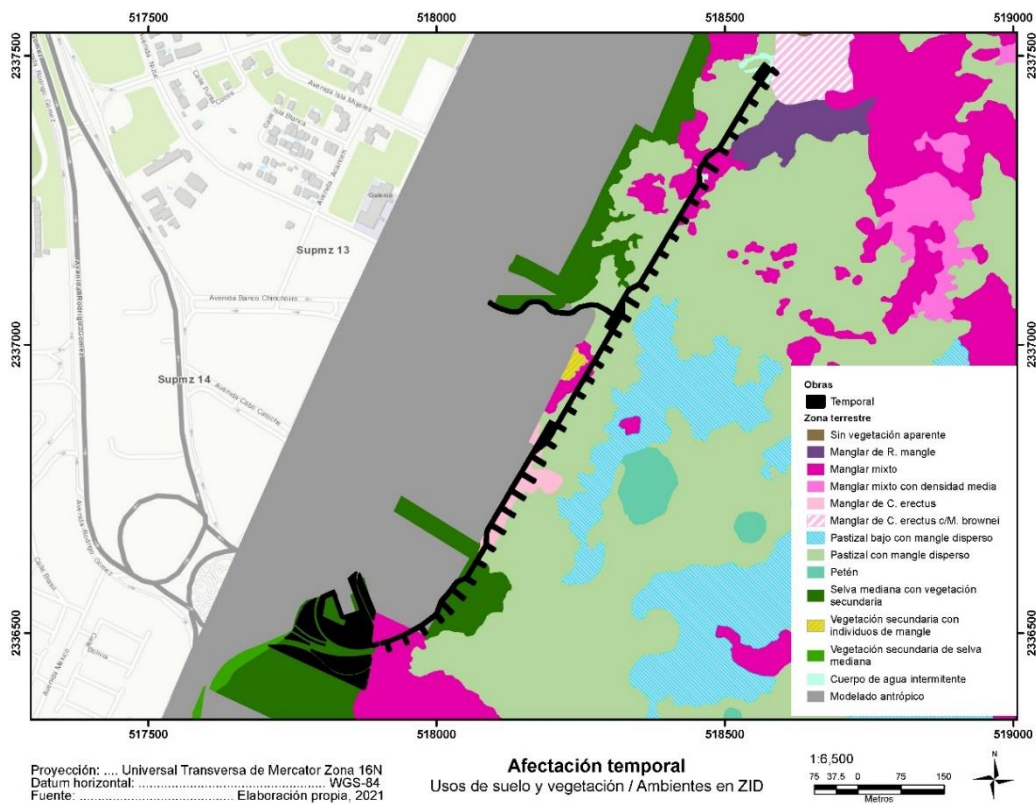
6.3.4.3 Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal (SRAAT)

La finalidad de este subprograma es restituir la vegetación en las áreas que se requieran para aprovechamiento temporal. Las actividades de reforestación se llevarían a cabo conforme las áreas dejen de ser usadas para las obras del Proyecto. Se reubicará en estas áreas la vegetación que se haya mantenido a resguardo en el vivero desde su extracción de la ZID y ZII.

En este sentido, como medidas de mitigación y compensación, derivadas de la implementación de infraestructura temporal y permanente, se ha propuesto este subprograma. La superficie de aprovechamiento del Proyecto, considerando tanto el aprovechamiento temporal como el permanente será de 106,201.75 m² (10.62 ha). Esta superficie corresponde con el área de afectación directa del Proyecto. De esta superficie, 16,063.94 m² (1.60 ha) corresponden a la afectación permanente del Proyecto, y se deberán a la superficie de contacto de las pilas y el terraplén.

Por otro lado, las 90,137.78 m² (9.01 ha) restantes, se deben a la superficie que será utilizada de manera temporal para la construcción del Proyecto. En este sentido, se resalta que 66,535.50 m² (6.65 ha) corresponden al uso temporal del patio de maniobras ubicado en un predio ya impactado propiedad del Gobierno del Estado. De manera que, el Proyecto solo pretende realizar la afectación temporal de vegetación en 23,602.28 m² (2.36 ha) para la colocación de caminos, ramales y patios de maniobra para la construcción de los tramos 1 y 2 del Proyecto. Es sobre esta **superficie de 23,602.28 m² (2.36 ha) sobre la que actuará este Subprograma de Reforestación (Figura 6. 6).**

Figura 6. 6. Superficie de afectación temporal que será reforestada.



Por otro lado, si se considera el trazo total y el ancho del puente de 14.9 m, se puede estimar una superficie de afectación indirecta (sombra debajo de la superficie de rodamiento) de 124,876.42 m² (12.49 ha); de las cuales 25,527.02 m² (2.55 ha) se ubicarán sobre zona terrestre y 993,49.39 m² (9.93 ha) sobre la zona lagunar.

La superficie de afectación indirecta por sombra, se considera una afectación negativa poco probable, esto último, sustentado en la literatura existente que indica que la sombra puede resultar benéfica para el desarrollo del manglar en comparación con la incidencia directa de la radiación solar (Hoyos, 2013), (Garcés Ordoñez, 2016), (Febles Patrón José Luis,

2007), (López-Portillo, J. y Ezcurra, E. 2002); sin embargo, el Proyecto, busca atender la inquietud del investigador que realizó el estudio de la vegetación del manglar, quien considera que la vegetación resultará afectada por la sombra y por ello se considera esta superficie como afectación por principio precautorio.

La proporción de especies estimadas para reforestación se presenta en la **Tabla 6.14**, se adiciona al total un 50 % del estimado (la cuantificación de especies y cantidad se tomó de los resultados preliminares del ETJ, en caso que la cantidad resulte mayor a la aquí presentada, esta será ajustada y se notificará a la autoridad el cambio). Para la vegetación de selva y humedal, se estimaron en total 920 individuos, de estos, 849 pertenecen a cuatro especies que están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, tres son especies de mangle y una de selva. Adicionalmente se contempla el rescate de 71 individuos que pertenecen a cuatro especies relevantes en la zona.

Tabla 6.14. Especie y número de individuos arbustivos propuestos para su rescate de acuerdo con la Norma Oficial.

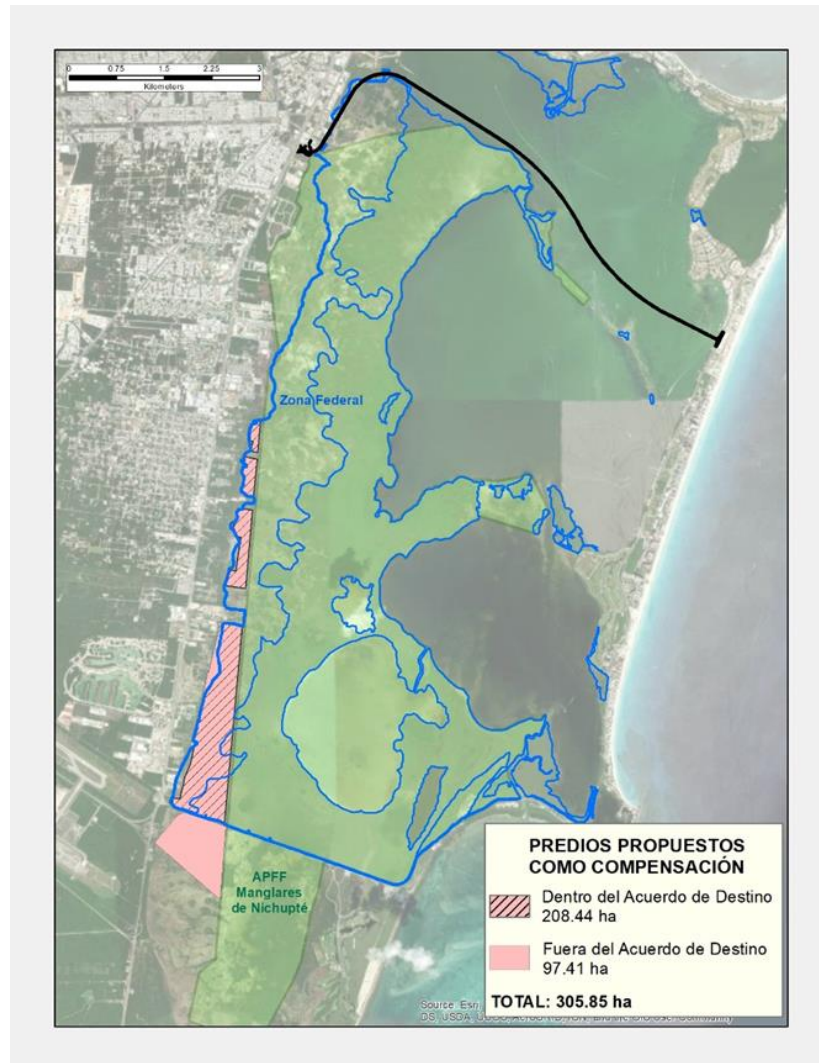
Nombre común	Nombre científico	Forma de colecta			Propuesta Individuos / ha	Propuesta total 3.83 has
		Semilla / Propágulo	Planta /ha	Vareta /ha		
Selva						
Palma chit	<i>Thrinax radiata</i>		X		50	141
Humedal						
Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>		X	X	100	284
Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	X			100	284
Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>		X	X	50	141
Total						849
Otras especies						
Nombre común	Nombre científico	Forma de colecta			No. de Individuos Por ha	Propuesta total 3.83 has
		Semilla	Estaca	Planta		
Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>			X	5	14
Otras especies						
Nombre común	Nombre científico	Forma de colecta			No. de Individuos Por ha	Propuesta total 3.83 has
Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>			X	5	14
Chacá	<i>Bursera simaruba</i>		X	X	10	28
Magüey morado	<i>Rhoeo discolor</i>			X	5	14
						71

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021)

En cuanto a las medidas de compensación por la implementación de obras dentro de la franja de amortiguamiento del manglar de la NOM-022-SEMARNAT-2003 y 60 TER, las acciones se han conjuntado en una propuesta de medidas de compensación integral que pretende beneficiar al Sistema Lagunar Nichupté en general, con énfasis en el manglar y los humedales asociados; para ello, se ha desarrollado el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar (PRMAAM), descrito en el apartado 6.3.10 y que se muestra con mayor detalle en el Anexo 6.1. A través del PRMAAM, se pretende incidir de manera positiva en 306.6 ha en total dentro del Sistema Lagunar Nichupté, que incluye el ANP APFFMN.

La superficie cuantificada en el informe de caracterización de manglar, señala que hay 306.6 ha de humedales dentro del SAR del Proyecto que tienen una condición de “degradado o muerto”; esta será la superficie sobre la que se aplicarán las acciones del PRMAAM en coordinación con la CONANP. Adicional a estas, por el paso de una parte del Proyecto en superficie correspondiente con el Acuerdo de destino de la CONANP, como medida de compensación se efectuará una cesión de superficie actualmente propiedad del gobierno del estado de Quintana Roo para su regularización y formalización del acuerdo con la SEMARNAT (208.44 ha), adicionalmente, se incluirá una superficie de 97.41 ha, como donación al Acuerdo de Destino de la CONANP a favor de la superficie de conservación del APFF Manglares de Nichupté (Figura 6. 7), dando una superficie total de compensación de 612.45 ha. Las acciones específicas estarán definidas a partir de la ubicación y condición de la vegetación al interior del SLN y respaldadas por los resultados de los estudios específicos que se pondrán en marcha en un proyecto ejecutivo, una vez autorizado el Proyecto.

Figura 6. 7. Superficie que se incorporará al Acuerdo de destino de la CONANP a favor del APFFMN.



Fuente: AGEPRO, 2021.

Objetivo:

1. Restituir la vegetación en las áreas de aprovechamiento temporal del Proyecto una vez que sean desocupadas, a partir de la vegetación nativa mantenida o propagada en el vivero o adquirida a viveros autorizados.
2. Incrementar la cobertura del manglar y mejorar la calidad ambiental del SLN a través de las acciones que se desarrollen en las 306.6 ha al interior del SAR clasificadas como manglar muerto o degradado.

Las acciones contempladas se mencionan por etapa en la (Tabla 6.15).

Tabla 6.15. Acciones del Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal.

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SRAAT	28*	1. Evitar la quema de vegetación o basura, así como de acciones que puedan provocar incendios forestales.	X	X	X	X	X			Bitácora de acciones
	29*	2. Reforestar las áreas de aprovechamiento temporal con vegetación nativa.		X	X	X		X	X	Registro fotográfico y bitácora de seguimiento de inicio y término de actividades y cuantificación de individuos reubicados por especie y seguimiento
	30*	3. Reforestación de otras áreas próximas a la zona de influencia del proyecto o del SAR que mejoren la estructura de la vegetación.		X	X	X			X	Registro fotográfico y bitácora de seguimiento de inicio y término de actividades y cuantificación de individuos reubicados por especie y seguimiento
	31*	4. Dar mantenimiento periódico a la vegetación por un periodo de tres años hasta que puedan mantenerse de forma natural con el riego estacional		X	X	X	X	X		Registro fotográfico, bitácora de seguimiento y resultados
	32	5. Llevar un registro en bitácora de la especie, condición y ubicación.		X	X	X	X			Registro fotográfico, bitácora de seguimiento y resultados
			Total	1	5	5	5	3	2	2

Las acciones a que se hace referencia, además de este subprograma, se entrelazan con las acciones que se describen de manera general en el Programa de rehabilitación y mejoramiento ambiental de áreas de manglar (PRMAAM) que se describe en el apartado 6.3.10 y Anexo 6.1; y, se incluyen para su vigilancia en el Programa de Monitoreo Ambiental que se describe en el apartado 6.5.6 de este capítulo.

6.3.5 Programa de Manejo Integral de la Fauna (PMIF)

Objetivos:

- Mitigar los impactos directos e indirectos a la fauna inducidos por la implementación del proyecto.
- Garantizar la permanencia de las poblaciones faunísticas susceptibles en el área de influencia del Proyecto durante las diferentes etapas, poniendo especial énfasis en aquellas especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- En coordinación con la PROFEPA o CONANP, resguardar a la fauna de importancia toxicológica para su resguardo y reubicación, así como aquellas que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

6.3.5.1 Subprograma de Manejo y Rescate de Fauna (SMRF)

La operación del proyecto, representa una fuente de impacto a la fauna de la región, ya sea por pérdida de hábitat o por afectación a los individuos de especies que se desplazan hacia las áreas que mantienen su cobertura vegetal original. Por lo cual, este programa garantiza el estado de las poblaciones faunísticas susceptibles durante las diferentes etapas del Proyecto, poniendo especial énfasis en aquellas especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Este programa está compuesto por los siguientes subprogramas: a) Subprograma de Manejo y Rescate de Fauna (SMRF) y el Subprograma de Control de Fauna y Fauna de Importancia Toxicológica (SCFyFIT); sus objetivos y acciones se describen a continuación. No se contempla la presencia de fauna silvestre desplazándose sobre el puente en la fase de operación, sin embargo, en caso de presentarse el caso se implantarán acciones para conservar su integridad y evitar accidentes.

Objetivo:

1. Proteger, conservar, rescatar y reubicar individuos de fauna silvestre que se encuentren en áreas de aprovechamiento.

Objetivos específicos:

1. Reducir al máximo la pérdida de organismos y el número de especies de fauna afectados por el proyecto.
2. Proteger la estructura de las comunidades animales a través de estrategias que ayuden a conservar la diversidad alfa y beta de la fauna terrestre, acuática y aves de la región.
3. Implementar un plan permanente de rescate y traslado de fauna mediante la captura, traslado y liberación hacia áreas semejantes a su hábitat y sitio de captura. En caso de organismos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se comunicará a la autoridad competente y bajo su coordinación, se procederá al traslado a sitios que se determinen conjuntamente.

4. Establecer convenios de coordinación a nivel federal o estatal con autoridades ambientales, o institutos y/o centros de investigación presentes en el estado, para adherirse a programas de manejo de fauna existentes.
5. Dar cumplimiento a las medidas preventivas y de mitigación para el manejo del hábitat de anidación de especies críticas (si se reporta alguna en el estudio de fauna) durante las distintas etapas del proyecto.

Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.16**.

Tabla 6.16. Acciones del Subprograma de Manejo y Rescate de Fauna (SMRF).

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
			P	C	OM	A	P	M	C		
SMRF	33	1. Reubicar a los ejemplares de fauna terrestre que se encuentren en áreas de aprovechamiento del proyecto y reubicarlos en zonas de conservación	X	X	X		X	X		Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos rescatados y coordenadas de reubicación.	
	34	2. Colectar a los ejemplares de biota marina que se encuentren en áreas de aprovechamiento del proyecto y reubicarlos en áreas de conservación.	X	X			X	X		Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos rescatados y coordenadas de reubicación.	
	35	3. Registrar la especie, coordenadas geográficas, fecha de rescate, nombre científico, número de registro y lugar de reubicación en la bitácora de rescate de fauna del proyecto.			X	X			X		Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos rescatados y coordenadas de reubicación.
	36	4. La iluminación del Proyecto será dirigida hacia la superficie de rodamiento y no hacia afuera. Durante las fases de preparación y construcción se buscará de igual manera que no haya luces que puedan afectar los hábitos nocturnos de la fauna.	X	X	X		X	X		Registro fotográfico y reportes periódicos de resultados de la supervisión	

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	37	5. Habilitar pasos de fauna en los caminos temporales	X	X			X	X		Coordenadas de los pasos de fauna. Colocar señalamientos del cuidado y protección de la fauna, en especial del cocodrilo y las serpientes
	38	6. Coadyuvar con la CONANP para apoyar las actividades de monitoreo de cocodrilos en el SLN, como especie necesaria para mantener el equilibrio en el sistema.	X	X	X	X	X		X	Acuse firmado de acuerdos y seguimiento de actividades
		Total	5	6	4	1	5	5	1	

6.3.5.2 Subprograma de Control de Fauna y Fauna de Importancia Toxicológica (SCFyFIT)

Este subprograma busca atender diferentes tipos de fauna que están presentes en el SAR del proyecto; por un lado, aún conserva poblaciones de fauna nativa que requieren ser protegidas para garantizar su conservación en el sistema, dentro de este grupo se encuentran algunas especies de importancia toxicológica y otras que están protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010. El otro grupo, es fauna feral que se ha mantenido en el área, cuyo manejo adecuado, representa un beneficio no solo a los aspectos básicos de salud y bienestar humano, sino también en el aspecto ambiental al controlar las poblaciones de perros y gatos principalmente, que, en busca de alimento pueden mermar las poblaciones de algunas especies silvestres, más aún, al encontrarse el SLN dentro de una zona urbana.

Objetivos:

1. Definir e implementar medidas para el manejo y control de especies que impliquen algún tipo de riesgo para el personal de obra durante las diferentes etapas del proyecto.
2. Implementar las medidas adecuadas para el control de insectos, roedores, perros y gatos.

- Restituir la vegetación en las áreas de aprovechamiento temporal para mantener las zonas de tránsito de la fauna

Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.17**.

Tabla 6.17. Acciones del Subprograma de Control de Fauna y Fauna de Importancia Toxicológica (SCFyFIT).

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA			Tipo			Parámetro o indicador	
			P	C	OM	A	P	M		C
SCFyFIT	39	1. Capturar la fauna feral que se identifique en la zona de influencia del Proyecto y coordinar con el Municipio su manejo.	X	X		X		X	X	Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos. Acciones llevadas a cabo en coordinación con autoridades municipales
	40	2. Coordinar con el Municipio las acciones para el resguardo y destino de la fauna feral para su control.	X	X		X	X			Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos. Acciones llevadas a cabo en coordinación con autoridades municipales
	41	3. Reubicar la fauna de importancia médica a zonas de conservación. De ser necesario, en coordinación con la PROFEPA se buscará el resguardo y protección de especies silvestres incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	X	X	X	X	X	X		Acuse de acuerdo de acciones a llevar a cabo con la CONANP o PROFEPA. Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos. Seguimiento de acciones comprometidas
		Total	3	3	1	3	2	2	1	

6.3.6 Programa de Manejo Integral de Residuos (PMIR)

Todas las actividades involucradas con el Proyecto generarán residuos de algún tipo (sólidos urbanos, líquidos, peligrosos o de manejo especial), su acumulación o manejo inadecuado puede ocasionar diferentes grados de contaminación en el aire, agua o suelo o fauna. Es por ello que, la implementación de este programa, tiene la finalidad de regular las actividades de tal manera que se genere la menor cantidad de residuos y que se lleve a cabo el manejo de acuerdo a su tipo, para evitar que se conviertan en una fuente de contaminación para el SLN. Los objetivos son los siguientes:

Objetivos:

1. Disminuir al máximo los riesgos de contaminación al suelo y al manto freático por la implementación de las actividades propias del proyecto.
2. Implementar de manera efectiva medidas de mitigación en materia de residuos, mismas que se apegarán a la legislación aplicable según la fase en que se encuentre el Proyecto.
3. Dar disposición final a los residuos de acuerdo con su tipo.

Este programa está compuesto por: a) Subprograma de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, b) Subprograma de Manejo Integral de Residuos Líquidos y Sanitarios y c) Subprograma de Manejo Integral de Residuos Peligrosos.

6.3.6.1 Subprograma de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (SRSUyME)

Se contempla la generación de residuos urbanos como parte de las actividades del proyecto en las etapas de preparación y construcción de diferentes categorías: residuos sólidos urbanos provenientes de alimentos empacados, agua, así como los que se generen en los comedores de empleados, que serán orgánicos principalmente. Los comedores serán temporales, podrán adecuarse según el frente de obra en el que se esté trabajando, se colocarán en los patios de maniobras.

Por otro lado, se generarán residuos de manejo especial producto de la excavación, los cuales también estarán habilitados en los patios de maniobras autorizados. En el caso de los residuos que resulten de los sedimentos del SLN, se dispondrán en áreas previamente adecuadas para evitar la filtración o escurrimiento, posteriormente serán trasladados al sitio que la autoridad estatal o municipal determinen, el traslado lo realizarán empresas contratadas para tal fin, debidamente acreditadas.

Durante la etapa de operación, los residuos contemplados a generarse por el proyecto serán reducidos y su generación será de acuerdo con un programa de mantenimiento, definido por el constructor y operador del puente. Los residuos que podrían generarse son: pintura, estopas, lámparas, concreto, entre otros. Dependiendo del tipo de residuo que se genere, será la disposición final, en caso necesario, se generarán contratos con empresas autorizadas para tal fin para la disposición final.

Objetivo:

1. Orientar el manejo de residuos sólidos generados por el proyecto conforme a lo dispuesto por las normas y reglamentos aplicables vigentes, estableciendo estrategias para su separación, reutilización y reciclamiento.

Objetivos específicos:

1. Orientar el manejo adecuado de los residuos sólidos conforme a lo dispuesto por la autoridad competente.
2. Establecer medidas para la reducción de fuentes de residuos sólidos en el área del Proyecto.
3. Implementar estrategias para la separación, reutilización y reciclamiento de residuos.
4. Implementar estrategias para la disposición temporal y final de los residuos generados sin que estos generen contaminación a áreas naturales.
5. Promover la conservación del SLN libre de residuos.

Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.18**.

Tabla 6.18. Acciones del Subprograma de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial (SRSUyME).

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SRSUyME	42	1. Uso de redes para contener residuos sólidos que pudieran caer de la estructura en construcción o ser dispersados por el viento hacia el cuerpo de agua o la vegetación.	X	X		X	X	X		Registro fotográfico, reporte de resultados

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	43	2. Establecer depósitos para el acopio de los residuos de obra.	X	X		X	X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
	44*	3. Separación adecuada de los residuos sólidos para su posterior reutilización y reciclaje en contenedores específicos, debidamente rotulados y colocados estratégicamente <u>cerca de las fuentes de generación</u>	X	X	X	X		X		Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización ambiental sobre el tema y bitácora de seguimiento
	45	4. Acopiar los residuos en contenedores apropiados con tapa	X	X	X	X		X		Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización ambiental sobre el tema y bitácora de seguimiento
	46*	5. Entregar los residuos sólidos reciclables a empresas debidamente autorizadas para su traslado o durante las campañas mensuales del Reciclatón en el municipio Benito Juárez.	X	X		X		X		Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización ambiental sobre el tema y bitácora de seguimiento. contar con copia de la autorización vigente de las empresas, y el contrato entre promovente y empresa recolectora. En caso de reciclatón, solicitar su comprobante de acopio.
	47	6. Entregar los residuos inorgánicos no reciclables a los vehículos recolectores del ayuntamiento para su traslado al relleno sanitario.	X	X		X		X		Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización ambiental sobre el tema y bitácora de seguimiento

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	48	7. Disponer los residuos de manejo especial que se generen durante la obra de manera temporal en sitios determinados para este fin para El Proyecto.		X	X	X	X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
	49	8. Implementar puntos limpios para el lavado de ollas en sitios autorizados fuera del SLN.		X			X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
	50	9. Humedecer y cubrir con material textil o plástico los polvos usados en el proceso constructivo para reducir su dispersión.	X	X			X	X		Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización ambiental sobre el tema y bitácora de seguimiento
	51	10. Realizar la disposición final de los residuos de manejo especial en los sitios autorizados y determinados por la autoridad.		X	X	X		X		Registro fotográfico, bitácora de seguimiento y comprobantes de disposición final a través de empresas autorizadas, con permiso vigente. Indispensable contar con los permisos de la empresa y contrato entre empresa y promovente
		Total	7	10	4	8	5	10		

Algunos ejemplos de residuos que pueden generarse durante las diferentes etapas del Proyecto (Tabla 6.19) son:

Tabla 6.19. Tipos de residuos sólidos y de manejo especial que podrían generarse durante las diferentes etapas del proyecto.

RECICLABLES	NO RECICLABLES	ORGÁNICOS	ORGÁNICOS COMPOSTABLES	DE MANEJO ESPECIAL
Varilla, alambre y otros metales	Empaques principalmente que no son susceptibles de	Restos de alimentos procesada.	Residuos de frutas y verduras de cocina no procesados.	Concreto para la conformación de pilas y trabes
Papel y cartón			Restos vegetales	Varilla y acero

Plásticos	incorporarse a otra cadena de producción en el Estado.		triturados provenientes de las áreas de desplante del Proyecto	Madera de cimbra
Madera				Pintura
				Sedimentos provenientes de la perforación de pilas
				Solventes
				Estopa y trapos impregnados de hidrocarburos

6.3.6.2 Subprograma de Residuos Líquidos y Sanitarios (SRLS)

Considerando que las actividades del Proyecto generan residuos líquidos provenientes de la saturación de los sedimentos que se extraigan durante la perforación de las pilas y que, de acuerdo con los resultados del estudio de dispersión, estos podrían alterar la calidad del agua o el suelo, con el consecuente riesgo de afectación a la zona marina adyacente. Por otro lado, en este subprograma se contemplan también los residuos que se generen en los sanitarios portátiles y en el comedor, por lo que se controlarán las actividades con el Subprograma de Residuos Líquidos y Sanitarios. Los objetivos del subprograma son los siguientes:

Objetivos:

1. Establecer acciones que garanticen el manejo del 100% de las aguas residuales durante las fases de preparación y construcción.
2. Reducir al máximo el riesgo de contaminación de suelo, agua y ecosistemas por aguas residuales y agua producto de la excavación para la conformación de las pilas.
3. Reducir las fuentes generadoras de aguas residuales.

Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.20**.

Tabla 6.20. Acciones del Subprograma de Residuos Líquidos y Sanitarios (SRLS).

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA					Tipo		Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SRLS	52	1. Instalación de sanitarios portátiles a razón de uno por cada 15 trabajadores.	X	X		X	X	X		Contrato con una empresa autorizada, registro fotográfico de acciones de mantenimiento y bitácora de control por evento firmada por la empresa contratada
	53	2. Mantener en óptimas condiciones los sanitarios portátiles.	X	X		X	X			Contrato con una empresa autorizada, registro fotográfico de acciones de mantenimiento y bitácora de control por evento firmada por la empresa contratada
	54	3. Contratar empresas especializadas y debidamente acreditadas para el transporte y disposición final de los residuos líquidos.	X	X	X	X	X	X		contar con copia del permiso y del contrato generado por la recolección de residuos líquidos entre promovente y empresa recolectora
	55	4. Equipar los patios de almacenamiento de material con canales para contener residuos	X	X		X	X	X		Registro fotográfico y seguimiento de acciones y resultados
	56	5. Los materiales que puedan generar residuos que sean arrastrados por la lluvia, serán cubiertos con una malla para evitar su llegada al cuerpo de agua.	X	X		X	X	X		Registro fotográfico y seguimiento de acciones y resultados
		Total		5	5	1	5	5	4	

6.3.6.3 Subprograma de Residuos Peligrosos (SRP)

Los objetivos de este subprograma están centrados en la prevención y el manejo adecuado de los materiales, desechos y/o residuos que por sus características CRETIB son consideradas como peligrosos. Los objetivos del subprograma son los siguientes:

1. Limitar y reducir el uso de productos que generen residuos peligrosos.
2. Supervisar a la empresa constructora en la identificación, clasificación, envase y manejo integral de los residuos, tal como lo indica el artículo 46, fracción I, del Reglamento de la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR).
3. Disponer temporalmente los residuos peligrosos en un almacén, que tendrá a su vez carácter temporal, este se habilitará de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 82 del Reglamento de la LGPGIR en lo referente al almacenamiento y centros de acopio de residuos peligrosos.
4. Transportar y llevar a cabo la disposición final de los residuos peligrosos a través de empresas y sitios acreditados por la autoridad ambiental tal como se establece en el artículo 85 del Reglamento de la LGPEGIR.
5. Supervisar que la empresa constructora cuente con equipo y material apropiado para atender contingencias (derrames de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas en suelo o agua).

Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.21**.

Tabla 6.21. Acciones del Subprograma de Residuos Peligrosos (SRP).

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SRP	57*	1. No hacer uso de herbicidas o agroquímicos en las operaciones de desmonte y limpieza del sitio.		X		X	X			Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización del tema y seguimiento de acciones y resultados
	58	2. Almacenar temporalmente los residuos peligrosos en un área adecuada y conforme a lo establecido en la LGPEGIR, por tipo y debidamente rotulados los contenedores. Aplica para el almacenamiento temporal de combustible para maquinaria, telas impregnadas, etc.	X	X		X	X			Registro fotográfico de habilitación de sitio de acopio temporal, bitácora de almacenamiento, cantidad y tipo de residuo y comprobantes de disposición final

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	59	3. Contar con equipo y material apropiado para atender contingencias (derrames de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas en suelo o agua).	X	X	X	X	X	X		Registro fotográfico, localización y señalización de materiales y programa de acciones a seguir en caso de derrame. S seguimiento de acciones y resultados por evento
	60	4. Contratar empresas especializadas y debidamente acreditadas ante la SEMARNAT para el transporte y disposición final de los residuos peligrosos.	X	X	X	X	X	X		Contrato con una empresa autorizada y permisos vigentes de la empresa contratada
		Total	3	4	2	4	4	2		

6.3.7 Programa de Monitoreo Ambiental (PMA)

La función de este Programa, es vigilar la condición de los ecosistemas involucrados antes, durante y después del desarrollo del Proyecto, con la finalidad de garantizar la conservación de los ecosistemas que se encuentran presentes en el SAR del Proyecto, como parte del Sistema Lagunar Nichupté. Cabe mencionar que cada uno de los monitoreos será realizado por especialistas reconocidos a nivel nacional lo que garantiza la calidad y seriedad del trabajo. Los fondos para cubrir el programa estarán gestionados por un instrumento financiero, que vigilará que las acciones programadas se cumplan de acuerdo con lo comprometido para a su vez, garantizar el financiamiento. La CONANP, el comité asesor y el equipo de Supervisión Ambiental vigilarán que las acciones se desarrollen de acuerdo con lo comprometido.

El programa considera que los recursos y ecosistemas críticos se evaluarán a través de indicadores de calidad ambiental asociados con la vegetación, fauna y el recurso agua considerando así evaluar la efectividad de las medidas propuestas para mitigar al máximo los impactos ambientales identificados por componente, es por ello que, se subdivide en los siguientes subprogramas: a) Subprograma de Monitoreo de la Vegetación, b) Subprograma de Monitoreo de la Fauna, c) Subprograma de Monitoreo del Sistema

Lagunar y Biota Acuática, d) Subprograma de Monitoreo Físicoquímico del Agua, e) Subprograma de Monitoreo de Sedimentos, f) Subprograma de Monitoreo de la Hidrodinámica Lagunar y g) Subprograma de Monitoreo de la Incidencia de Luz Solar.

Es importante señalar nuevamente que, el Proyecto está planeado y diseñado para desarrollarse con el proceso menos invasivo, los impactos que se generarán son temporales en su mayoría y de carácter puntual, sin embargo, no se encuentra aislado, es decir, dentro del Sistema lagunar Nichupté, como dentro del SAR del Proyecto, se llevan a cabo acciones de terceros que inciden directamente en la calidad del sistema. El Proyecto es sólo una fracción de los factores y sectores que actualmente generan impactos negativos en el SLN, por lo que, la contención y mitigación de los impactos no depende únicamente de las acciones que aquí se desarrollen, se requiere el trabajo y compromiso conjunto entre autoridades, particulares y sociedad en general, para mejorar la calidad del SLN.

6.3.7.1 Subprograma de Monitoreo de la Vegetación (SMV)

Objetivo:

Evaluar la recuperación de la cobertura vegetal en las áreas temporales sujetas a reforestación, así como de las 306.6 ha. al interior del SAR. Las acciones que regulen las 306.6 ha, serán descritas con detalle en el Proyecto Ejecutivo que resulte del Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar (PRMAAM), que entrará en acción una vez autorizado el Proyecto.

Objetivos específicos:

1. Identificar cambios críticos en la estructura y función de las comunidades vegetales para la definición oportuna de medidas preventivas, correctivas o de mitigación de impactos ambientales no previstos.
2. Evaluar cuantitativamente los efectos ambientales del proyecto en los diferentes tipos de vegetación y la efectividad de las medidas propuestas para su mitigación.
3. Generar información técnico-científica que soporte la toma de decisiones para el aprovechamiento sustentable de los recursos.
4. Evaluar la efectividad de las medidas de mitigación que surjan de la implementación del SGAS.
5. Evaluar los impactos acumulativos y sinérgicos derivados de la construcción y operación del proyecto y de los ajustes que en este se realicen.
6. Señalar y evaluar impactos ambientales no identificados al momento de implementación.

7. Proporcionar al equipo de supervisión ambiental, al promovente y a las diferentes instancias de gobierno, elementos e información técnica que permita reorientar, definir intensidades de uso o proponer nuevas medidas de mitigación o medidas correctivas.
8. Ser permanente a lo largo de las diferentes etapas del Proyecto.

Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.22**.

Tabla 6.22. Acciones del Subprograma de Monitoreo de la Vegetación (SMV).

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SMV	61	1. Establecer puntos de muestreo permanentes en las áreas de conservación del proyecto para el registro periódico de sus condiciones antes de iniciar la etapa de construcción del proyecto (Estudios de línea base ambiental - LBA) y durante la vida útil del mismo. Los resultados serán presentados en informes periódicos de acuerdo con lo que determine la autoridad.		X		X		X		Localización geográfica de los sitios de muestreo y reporte de resultados de acuerdo a la estacionalidad acordada
	62	2. Coadyuvar con la CONANP para el monitoreo de los efectos del CCG en el SLN		X	X	X	X	X		Acuse de acuerdos y seguimiento de actividades
	63*	3. Muestreo semestral de la vegetación terrestre durante el proceso constructivo. Semestral durante los primeros tres años de operación. En el cuarto año de operación y con base con los resultados y recomendaciones reportadas por el especialista, se realizará la propuesta de ajuste hacia un monitoreo anual.	X	X	X	X		X		Informe semestral de monitoreo realizado por un especialista en la materia y anual a partir del 4to año de operación.

64	4. Identificar y señalar los sitios de muestreo en la zona de influencia y SAR del Proyecto, para evitar su afectación o remoción por terceros	X	X		X	X			Registro de las coordenadas de ubicación de los señalamientos y registro fotográfico. Cantidad de pláticas de sensibilización ambiental
65	5. Dar continuidad al monitoreo a partir de las metodologías empleadas en la LBA para evaluar su cambio en el tiempo.	X	X	X	X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia
66	4. Generar la información técnica para atender el cumplimiento de términos y condicionantes.	X	X	X	X	X	X		Reportes de la supervisión ambiental y comité externo a las acciones por etapa, así como, informes de monitoreo ambiental a los componentes comprometidos
	Total	4	6	4	6	3	5		

6.3.7.2 Subprograma de Monitoreo de la Fauna (SMF)

El área de estudio, históricamente ha recibido una gran cantidad de impactos debido al crecimiento desmedido de la Zona Hotelera, sin embargo, la periferia del cuerpo lagunar y zona intermareal conservan vegetación en buen estado y en la parte supralitoral y zona de influencia urbana, hay una pequeña franja compuesta por vegetación secundaria, vegetación inducida e incluso especies invasoras. Este ambiente es aún refugio de numerosas especies de animales que requieren áreas de conservación en donde puedan mantenerse. Es por ello que, es necesario evaluar la importancia de las áreas de conservación y de las áreas verdes como nichos para la fauna silvestre y, en su caso, tomar medidas preventivas para solucionar posibles problemas no identificados con anterioridad. El Subprograma de Monitoreo de Fauna permitirá evaluar la permanencia o desplazamiento de la fauna y patrones de interacción entre las especies, así como el grado de integridad ecológica de los ecosistemas, entendiendo esta última como el estado de los valores de los componentes bióticos del sistema. Al respecto es importante aclarar que es difícil medirla en su totalidad, sin embargo, es posible documentar el estado de una especie o grupo

indicador que refleje el estado de la integridad ecológica de todo el sistema. Los estudios de caracterización (LBA) realizados para esta MIA-R, son considerados como la línea base para los monitoreos posteriores.

Objetivos:

1. Identificar cambios en la estructura, composición y distribución de las comunidades de fauna en el área del proyecto.
2. Diseñar medidas de mitigación adecuada y/o adicional sobre los recursos faunísticos del proyecto y su zona de influencia.

Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.23**.

Tabla 6.23. Acciones del Subprograma de Monitoreo de la Fauna (SMF).

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SMF	67*	1. Realizar muestreos sistemáticos que posibilite contar con datos cuantitativos de especies clave de fauna asociada con la zona del Proyecto.	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia
	68*	2. Realizar el muestreo semestral de la fauna en el área de influencia del Proyecto y SAR durante el proceso constructivo. Semestral durante los primeros tres años de operación. En el cuarto año de operación y con base con los resultados y recomendaciones reportadas por el especialista se analizará una propuesta de ajuste para monitoreo anual.	X	X	X	X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia
	69	3. Establecer los indicadores pertinentes de acuerdo con las características de las especies clave seleccionadas	X	X	X	X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	70*	4. Coadyuvar con la CONANP para obtener información sobre especies de flora y fauna silvestre en el SLN	X	X	X	X	X	X		Acuse de acuerdos y seguimiento de actividades
		Total	4	4	4	4	2	4		

6.3.7.3 Subprograma de Monitoreo del Sistema Lagunar y Biota Acuática (SMSLyBA)

Objetivos:

1. Identificar cambios en la estructura, composición y distribución de las comunidades de biota lagunar en el área del proyecto.
2. Diseñar medidas de mitigación de los impactos en la biota del sistema lagunar en el SAR y zona de influencia del proyecto.

Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.24**.

Tabla 6.24. Acciones del Subprograma de Monitoreo del Sistema Lagunar y Biota Acuática.

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SMSLyBA	71*	1. Realizar muestreos sistemáticos en los sitios de muestreo determinados por el especialista, que posibilite contar con datos cuantitativos en área de influencia y SAR del Proyecto, cuyos resultados serán integrados en un informe que se presentará a la autoridad para su conocimiento y seguimiento.	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia
	72*	2. Establecer e identificar los sitios de muestreo permanentes para la biota en el SAR.	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	73	3. Seleccionar indicadores pertinentes de acuerdo con las características de la biota acuática	X	X	X	X	X			Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	74	4. Monitoreo de las comunidades de necton y bentos en la zona de influencia y SAR del Proyecto (pastos marinos, peces, moluscos y esponjas).	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	75	5. Seguimiento a la presencia y distribución de especies de macrofauna en la zona de influencia y SAR del Proyecto.	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
		Total	5	5	5	5	5	4		

6.3.7.4 Subprograma de Monitoreo Físicoquímico del Agua (SMFQA)

Dada la naturaleza del proyecto, no se considera en el mismo la generación de aguas residuales, con excepción de las que se generen en los sanitarios portátiles, que serán retiradas por una empresa autorizada para tal fin para su disposición final adecuada; sin embargo, las acciones de perforación para las pilas, podrían alterar las condiciones del agua en la cuenca asociada con el Proyecto, por la suspensión de sedimentos y con ello, de los nutrientes y contaminantes que ahí se almacenan. Por otro lado, se prevé la generación de residuos sólidos y posiblemente peligrosos, como material impregnado o un posible derrame de hidrocarburos proveniente de las barcas que operen en el Sistema Top-Down que pudieran afectar el suelo o agua de manera local y temporal, por lo que, la calidad del agua en el SAR del Proyecto y en general del SLN, puede evaluarse por las características físicas y químicas necesarias para mantener la diversidad y desarrollo de la biota acuática como peces, algas, pastos marinos, entre otros.

La condición de conservación de la calidad de agua puede realizarse comparándola con un sistema de clasificación de niveles tróficos en el tiempo, esto es lo que se conoce como el estado trófico de agua el cual se mide a través de índices. La permanente actualización de información ecológica permitirá dar seguimiento a la condición del agua en el área de influencia y SAR del Proyecto partiendo de los resultados obtenidos en los estudios de LBA que contine los parámetros de referencia presentes en el sistema antes del Proyecto. Este subprograma se propone con el fin de tener la medición de una serie de variables del agua a través del tiempo, e identificar cambios durante la construcción y operación del proyecto, atribuibles a este, que pudieran afectar el ecosistema acuático.

Objetivo:

1. Vigilar la calidad del agua en el cuerpo lagunar asociado con el Proyecto.

Objetivos específicos:

1. Aplicar las medidas de mitigación ante cambios no previstos en la calidad del agua que pongan en riesgo el equilibrio del ecosistema acuático
2. Evaluar cuantitativamente los impactos del Proyecto a la calidad del agua y, la efectividad de las medidas propuestas para su mitigación.

Los parámetros de monitoreo que se tomarán en cuenta son los siguientes (**Tabla 6.25**).

Tabla 6.25. Parámetros, norma y método de determinación en la zona continental y marina.

Parámetro	Norma	Método
Materia flotante	NMX-AA-006-SCFI-2010	Cualitativo
Oxígeno disuelto	NMX-AA-012-SCFI-2001	Electrométrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	NMX-AA-028-SCFI-2001	Electrométrico
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	NMX-AA-030-SCFI-2001	Reflujo cerrado
Fósforo total	NMX-AA-029-SCFI-2001	Ácido Vanadomolibdofosfórico
Nitrógeno total	NMX-AA-026-SCFI-2010	Kjeldahl
Nitrógeno amoniacal	NMX-AA-026-SCFI-2010	Kjeldahl
Nitritos	NMX-AA-099-SCFI-2006	Espectrofotométrico
Nitratos	NMX-AA-079-SCFI-2001	Sulfato de brucina
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	NMX-AA-034-SCFI-2001	Gravimétrico
Coliformes fecales	NMX-AA-042-1987	Número Más Probable
Coliformes totales	NMX-AA-042-1987	Número Más Probable
Huevos de helminto	NMX-AA-113-SCFI-1999	Método de flotación
Clorofila A	SM 10200H-2011	
Salinidad	SM 20th 2520B-2011	

Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.26**.

Tabla 6.26. Acciones del Subprograma de Monitoreo Físicoquímico del Agua.

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SMFQA	76*	1. Realizar muestreos sistemáticos que posibilite contar con datos cuantitativos físicoquímicos del agua.	X	X	X	X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	77	2. Establecer sitios de muestreo permanente para determinar la calidad del agua con base en los resultados del estudio técnico de caracterización.	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	78	3. Realizar el muestreo trimestral del agua durante la etapa de construcción y semestral durante los primeros tres años de operación. En el cuarto año de operación y con base con los resultados y recomendaciones reportadas por el especialista, se evaluará la propuesta de ajuste hacia un monitoreo anual.		X	X	X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	79	4. Detectar cambios durante la construcción y operación del Proyecto que pudieran afectar el SAR.		X	X		X	X		Resultados con base en los informes de monitoreo, recomendaciones del especialista y acciones a seguir. Notificar a la autoridad si se requiere ajuste de medidas.
		Total		2	4	4	3	2	4	

6.3.7.5 Subprograma de Monitoreo de Sedimentos (SMS)

Las obras de perforación e hincado de pilas, principalmente aquellas que se colocarán en el tramo sobre el cuerpo lagunar, ocasionarán el movimiento de los sedimentos en el fondo del cuerpo de agua, lo cual puede ocasionar un cambio en la calidad del agua, tanto por la disminución de luz que llegue al fondo, como por la suspensión de nutrientes y contaminantes que están retenidos en los sedimentos, aún y cuando se considere la aplicación de medidas para evitar la dispersión de estos sedimentos, se dará continuidad

al estudio de línea base realizado a través del estudio de dispersión para verificar oportunamente cualquier efecto asociado a la construcción del Proyecto.

Todas las obras marítimas y aquellas que se desarrollan en los ambientes costeros y lagunares requieren de información oceanográfica que permita hacer consideraciones constructivas con estrictos cálculos para que las obras se edifiquen con éxito. Uno de los parámetros fundamentales es la determinación del tipo de sedimento y existen varias formas para su clasificación: textura del sedimento, composición y su origen. Dada la naturaleza de este Proyecto, se consideró que la textura del sedimento es el indicador a evaluar (Soluciones Integrales en Materia Ambiental, 2020).

Objetivo:

1. Evaluar los cambios que pudieran darse en la sedimentación a partir de la colocación de las pilas, por otro lado, evaluar los cambios en función de la calidad del agua al ser suspendidos algunos sedimentos por acción de la perforación para el colado de las pilas.

Los parámetros de monitoreo tentativos, que se tomarán en cuenta son los siguientes (Tabla 6.27):

Tabla 6.27. Parámetro a evaluar con respecto a los sedimentos.

Parámetro
Granulometría

Las acciones contempladas para este Subprograma se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) y tipo (P: Prevención, M: Mitigación y C: compensación) en la **Tabla 6.28**.

Tabla 6.28. Acciones del subprograma de Monitoreo de los Sedimentos.

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SMS	80	1. Realizar muestreos sistemáticos que posibiliten contar con datos cuantitativos de las características de los sedimentos.		X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA

81	2. Establecer sitios de muestreo permanente para determinar la textura y si hay un cambio significativo en el área de influencia y SAR del Proyecto.	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
82	3. Durante la etapa de construcción se realizará de forma cuatrimestral y durante la etapa operativa de forma semestral, durante los primeros tres años. Al final de esta etapa, se evaluará una periodicidad anual si así lo considera el especialista.		X	X			X	Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
Total		1	3	3	2	2	2	

6.3.7.6 Subprograma de Monitoreo de la Hidrodinámica Lagunar (SMHL)

La finalidad de este Monitoreo es evaluar la interacción de Proyecto con el SLN, a partir de los resultados obtenidos en el estudio de Hidrodinámica, teniendo en cuenta que ese es el primer estudio que se hace en el SLN para medir *in situ* las corrientes y el efecto que tiene el viento y la marea en las mismas. El estudio indica que se daría un efecto en la zona inmediata a la ZID del Proyecto, en algunos casos podría disminuir la velocidad de la corriente y en otros, incrementaría su velocidad. Lo que sí se dejó establecido, es que la magnitud de estos cambios no se reflejaría en toda la cuenca norte y no tendría un efecto en las cuencas aledañas.

Objetivo:

2. Evaluar los cambios que pudieran darse en el patrón de corrientes y por lo tanto en la dispersión de contaminantes o sedimentos asociados con la ZID por acción de la presencia de las pilas sobre el cuerpo lagunar.

Las acciones contempladas para este Subprograma se presentan en la **Tabla 6.29**.

Tabla 6.29. Acciones del subprograma de Monitoreo de la Hidrodinámica Lagunar.

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	M	P	M	C	
SMHL	83	1. Hacer una evaluación en la ZII del Proyecto anual durante cinco años. Se ampliará el periodo y la periodicidad si así lo determina el especialista.		X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	84	2. Establecer sitios de muestreo permanente para determinar la velocidad de la corriente y si ello deriva en una modificación en la acumulación de sedimentos o calidad del agua.		X	X	X	X			Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
		Total		2	2	2	2	1		

6.3.7.7 Subprograma de Monitoreo de la Incidencia de Luz Solar (SMILS)

La finalidad de este Monitoreo es evaluar el efecto que tiene la sombra que proyectan las obras asociadas con el Proyecto sobre la vegetación terrestre y acuática. No se prevé un impacto negativo, por el contrario, la literatura científica (ver detalles en el capítulo 4) señala con respecto a este tema, que la sombra beneficiará a la vegetación al reducir la intensidad de la radiación solar, principalmente cuando la vegetación está sujeta a otros factores de estrés como el hídrico o salino. Se espera también que, esta disminución de intensidad de radiación, les confiera una ventaja a las especies de mangle para desarrollarse mejor sobre los saibadales aledaños al Proyecto, que están sujetos a desecación y alta radiación solar.

El estudio realizado generó información partiendo de cuatro periodos a lo largo del año que se consideran relevantes (solsticio de primavera, periodo de máxima radiación solar en el año, solsticio de otoño y periodo de menor radiación solar en la zona).

A partir de la información generada por este estudio, se identificaron sitios que recibirán menor insolación en el año. Estos se han establecido como sitios potenciales para muestro, sin embargo, su ubicación final se deberá seleccionar en conjunto con los especialistas. Los detalles se pueden consultar en el Capítulo 4 y sus anexos.

Objetivo:

1. Evaluar los cambios que pudiera presentarse en la vegetación terrestre, principalmente manglar y pastos marinos por el efecto de la sombra proyectada por el Proyecto en la ZII.

Este monitoreo se hará a la par del monitoreo de vegetación y ambientes acuáticos, para determinar si responden a estos cambios y ampliar o ajustar las medidas que a continuación se mencionan (**Tabla 6.30**).

Tabla 6.30. Acciones del subprograma de Monitoreo de la incidencia de la Luz Solar (SMILS).

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SMILS	85	1. Determinar sitios de muestreo en función de los resultados del estudio de LBA en la vegetación terrestre y biota acuática en el caso de los pastos marinos.	X			X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	86	2. Evaluar las variaciones de luz en la vegetación sobre la que se proyecte la sombra del puente, así como en sitios control fuera de esta para evaluar su condición y desarrollo.		X	X	X	X			Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	87	3. Realizar el muestreo durante los periodos que se consideran clave en la cantidad de radiación que se recibe en la zona en diferentes horas del día, esto es, solsticio de primavera, otoño y cuando el sol se encuentra en el cenit, esto es entre julio y agosto.		X	X	X	X			Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	88	4. Realizar un seguimiento e incluir los datos acompañados de un registro fotográfico que se integre en el informe de cumplimiento de términos y condicionantes.		X	X	X	X			Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
			Total	1	3	3	4	3	1	

6.3.8 Programa de Gestión Social (PGS)

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), los Objetivos de Desarrollo Sostenible son acuerdos firmados en el 2015, los países firmantes

deben implementar una serie de medidas para su cumplimiento, estableciéndose como meta el 2030. “Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, también conocidos como Objetivos Mundiales, se adoptaron por todos los Estados Miembros como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030. Los 17 ODS están integrados, ya que reconocen que las intervenciones en un área afectarán los resultados de otras y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad medio ambiental, económica y social. Siguiendo la promesa de no dejar a nadie atrás, los países se han comprometido a acelerar el progreso para aquellos más atrasados. Es por esto que los ODS han sido diseñados para alcanzar logros en materia social, tales como, pobreza cero, hambre cero, SIDA cero y discriminación cero contra las mujeres y niñas.

El Proyecto, reconociendo su responsabilidad social, las objeciones que ciertos grupos de la población puedan tener con respecto a su implementación y considerando también que, la degradación del ambiente es reconocido como uno de los factores principales que han dado origen a la pandemia iniciada a finales de 2019, asume su compromiso para mejorar la calidad de vida de la población local y conservar el entorno natural asociado con El Proyecto.

El programa se compone de cuatro subprogramas: a) Subprograma de Información y Capacitación Ambiental, b) Subprograma de Difusión Ambiental, c) Subprograma de Señalización Ambiental y d) Subprograma de Gestión Social.

Objetivos:

1. Utilizar los servicios y productos de micro, pequeñas o medianas empresas locales, sobre todo aquellas de carácter sostenible.
2. Promover la contratación y capacitación de personal local en todos los niveles de la empresa.
3. Promover y apoyar en coordinación con el gobierno estatal y local, iniciativas para el desarrollo social y de infraestructura.
4. Promover los valores culturales e históricos de la región y el estado.
5. Promover la apreciación de sitios y monumentos locales de carácter histórico y cultural.

6.3.8.1 Subprograma de Información y Capacitación Ambiental (SICA)

Este programa, tiene la finalidad de capacitar técnicamente a los empleados y trabajadores del Proyecto con respecto a las acciones de protección y conservación de los ecosistemas y de igual manera a la población en general, quienes serán los usuarios finales de esta vialidad. Con esto, se busca la sensibilización de dichos actores, de manera que se cuente con su colaboración obligatoria o voluntaria con respecto de las acciones de supervisión ambiental (SA) y responsabilidad ambiental con respecto al cuidado del entorno.

Objetivos:

1. Generar y difundir información a los trabajadores y usuarios del Proyecto, sobre el valor ecológico, social, económico y cultural de los ecosistemas y recursos naturales involucrados.
2. Generar y difundir los resultados de éxito del Programa de Supervisión Ambiental (PSA).
3. Promover la sensibilización, reflexión y concientización de los constructores y operadores del Proyecto, sobre el valor e importancia de preservar los ecosistemas y recursos naturales involucrados en el terreno y la zona de influencia del proyecto.
4. Capacitar a constructores y operadores del Proyecto, sobre la aplicación y cumplimiento de la normatividad e instrumentos ambientales aplicables al mismo.
5. Informar al personal sobre las obligaciones ambientales que adquieren al formar parte de la fuerza laboral del proyecto.
6. Promover una actitud responsable en el uso y manejo de los recursos naturales del predio y zona de influencia.
7. Cumplir con uno de los preceptos del turismo socialmente responsable que es la comunicación y difusión ambiental de los usuarios y población de la región.

Los talleres informativos y la difusión del Proyecto contemplan entre otros, los siguientes temas:

- Obligaciones ambientales del proyecto.
- Normatividad e instrumentos aplicables al proyecto.
- Manejo de residuos.
- Residuos peligrosos y productos químicos.
- Fauna silvestre.
- Fauna de importancia sanitaria.
- Ecosistemas
- Seguridad y contingencias ambientales.

Las acciones contempladas se mencionan por etapa (P: Preparación; C: Construcción y O: Operación y Mantenimiento) en la **Tabla 6.31**.

Tabla 6.31. Acciones del Subprograma de Información y Capacitación Ambiental (SICA).

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SICA	89	1. Realizar talleres de capacitación con todos los actores involucrados en la (obra) durante la preparación, construcción, operación del proyecto y abandono, promoviendo una actitud responsable durante la ejecución de todas las actividades del Proyecto.	X	X	X	X	X	X		Cantidad de pláticas realizadas con los trabajadores de cada empresa participante, bitácora de asistencia, reporte periódico de la supervisión ambiental
	90	2. Capacitar al personal de obra y responsables del Proyecto acerca de la aplicación y cumplimiento de la normatividad e instrumentos aplicables vigentes.	X	X	X	x	X	X		Cantidad de pláticas realizadas con los trabajadores de cada empresa participante, bitácora de asistencia, reporte periódico de la supervisión ambiental, listados de asistencia y en su caso comprobantes del aprendizaje adquirido.
	91	3. Difundir e informar a todos los empleados durante el proceso constructivo, así como a los responsables operativos, acerca del manejo y uso sostenible de recursos, así como la prevención de problemas de contaminación ambiental con la finalidad de actuar de manera responsable y conservar el entorno.	X	X	X	x	X			Cantidad de pláticas, talleres u otras acciones por tema, realizadas con los trabajadores de cada empresa participante, bitácora de asistencia, reporte periódico de la supervisión ambiental

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	92	4. Diseñar e implementar un reglamento de actividades para los trabajadores.	X	X	X	X	X	X		Reglamento firmado por cada empresa participante en las obras o actividades del Proyecto
		Total	4	4	4	4	4	3		

6.3.8.2 Subprograma de Difusión Ambiental (SDA)

Dicho subprograma se concibe como una herramienta para la difusión del valor ecológico de los ecosistemas, los bienes y servicios ambientales que éstos proporcionan. Se ha demostrado que la falta de información sobre los ecosistemas ha traído consigo diversas consecuencias, que pueden ir desde el deterioro hasta la afectación de la estructura y función de los mismos y por consiguiente la pérdida de los valores y servicios ambientales que éstos representan y pérdida de la calidad paisajística que es uno de los aspectos clave para atraer turistas a la región y en particular a Cancún. Al tratarse de una obra que beneficia a Cancún, El Proyecto, en coordinación con dependencias estatales y municipales promoverán la difusión del Proyecto, sus medidas de protección ambiental y la participación colectiva del cuidado del entorno, esto se realizará por diferentes medios de difusión.

La difusión del Proyecto hacia la población, contempla entre otros, los siguientes temas:

- Obligaciones ambientales del proyecto.
- Normatividad e instrumentos aplicables al proyecto.
- Manejo de residuos.
- Residuos peligrosos y productos químicos.
- Fauna silvestre.
- Fauna de importancia sanitaria.
- Ecosistemas
- Seguridad y contingencias ambientales.

A continuación, en la **Tabla 6.32**, se señalan las acciones comprometidas para este subprograma.

Tabla 6.32. Acciones del Subprograma de Difusión Ambiental (SDA).

Subprograma	No.	M	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SDA	93	1. Difundir por diferentes medios el Proyecto, las bases de su diseño, el cuidado ambiental que procura, enfocado hacia la población local para promover el cuidado ambiental durante el proceso constructivo, así como, durante la operación del mismo.	X	X	X		X			Acciones llevadas a cabo, registro fotográfico, video, infografías, posters, etc.
	94	2. Sensibilizar a la población local acerca de la conservación de los ecosistemas que se desarrollan en la región, así como, acciones para la prevención de problemas de contaminación ambiental, teniendo en cuenta que de manera directa o indirecta todas las personas que viven en la región se benefician del entorno natural.	X	X	X	X	X	X		Acciones llevadas a cabo, registro fotográfico, video, infografías, posters, programas de radio, comerciales televisivos, etc.
		Total	2	2	2	1	2	1		

6.3.8.3 Subprograma de Señalización Ambiental (SSA)

Tiene la finalidad de que tanto los trabajadores, como los diferentes supervisores y observadores del Proyecto reconozcan las áreas de conservación, las que están sujetas a Reforestación o mejora ambiental. Esto, buscando la participación de la población en general y el respeto de estas áreas como espacios sujetos a acciones de mejora en beneficio de los ecosistemas y como áreas de refugio para la fauna nativa (**Tabla 6.33**).

Tabla 6.33. Acciones relacionadas con el Subprograma de Señalización Ambiental.

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SSA	95	1. Instalar señalamientos preventivos e informativos que serán colocados en los frentes de trabajo, las áreas de campamentos y vialidades principales. Se podrán cercar áreas si se considerase necesario.	X	X	X	X	X			Registro fotográfico de la colocación de señalamientos, registro de coordenadas y mantenimiento

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	96	2. Colocar señalamientos preventivos e informativos sobre el puente y áreas de mayor tránsito próximas al Proyecto, con la finalidad de alertar a los usuarios del cuidado ambiental y su participación activa a favor de su cuidado y conservación.			X	X	X			Registro fotográfico de la colocación de señalamientos, registro de coordenadas y mantenimiento
		Total	1	1	2	2	2			

Los ejemplos de señalización se presentan en la Figura 6. 8

Figura 6. 8. Ejemplos de señalamientos que se pueden colocar en los diferentes frentes de obra y sitios asociados con el Proyecto.



6.3.8.4 Subprograma de Gestión Social (SGS)

Objetivo:

1. Establecer metas compatibles con el desarrollo sostenible del Proyecto, con la población local, preservando los recursos ambientales y culturales de la región para alcanzar altos estándares de responsabilidad social bajo un esquema integral de sustentabilidad.

Las acciones contempladas para este Subprograma son (Tabla 6.34):

Tabla 6.34. Acciones del Subprograma de Gestión Social.

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	O M	A	P	M	C	
SGS	97	1.Llevar a cabo mesas de discusión sobre el Proyecto para aclaración de dudas	X	X			X	X		Bitácora de registro de pláticas y registro fotográfico
	98	2. Difundir en medios escritos, visuales y auditivos, las acciones de cuidado asociadas a las obras del Proyecto.	X	X	X		X			Convenios de colaboración, registro fotográfico o video
	99	3. Difundir las actividades de los diferentes frentes de trabajo teniendo en cuenta todas las medidas de prevención y afectación al entorno.	X	X		X	X			Cantidad de pláticas, talleres u otras acciones realizadas por tema, reporte periódico de la supervisión ambiental
	100	4.Reportar ante las autoridades correspondientes a quienes deliberadamente lleven a cabo acciones desde el puente que vayan en detrimento de la calidad ambiental.	X	X	X	X		X		Bitácora por evento
	101	5. Informar sobre el compromiso de la empresa, por el valor ecológico, social, económico y cultural de los ecosistemas y recursos naturales involucrados en el proyecto.	X	X	X	X	X			Cantidad de pláticas, talleres u otras acciones realizadas por tema
	102	6. Proponer elementos y conceptos en materia de sostenibilidad que fortalezcan al Proyecto en conjunto con los diferentes grupos de interés del proyecto	X	X	X	X	X			Cantidad de programas realizado con al menos un grupo de interés del Proyecto
		Total	6	6	4	4	5	2		

6.3.9 Programa de Seguridad y Atención a Contingencias Ambientales (PSACA)

El Programa de Seguridad y Atención a Contingencias Ambientales considera los riesgos que pueden ser generados por los fenómenos naturales comunes en la región, como son los incendios forestales, las inundaciones, los huracanes y los provocados por el hombre como derrames de sustancias peligrosas o incendios; así como por la construcción de las mismas obras del Proyecto.

Objetivo:

1. Promover acciones preventivas de contingencias antrópicas como son los incendios y estimular acciones de prevención y atención que reduzcan los riesgos de daño a recursos naturales y humanos.

6.3.9.1 Subprograma de Salud y Seguridad (SSS)

Este subprograma parte del concepto de que el ser humano es una unidad con el entorno y que su bienestar debe ser el principio y fin de toda actividad humana y para ello, toda la población debe estar involucrada en las acciones encaminadas a la prevención de accidentes.

Los objetivos planteados para este subprograma son:

1. Implementar un programa de seguridad, atención y prevención de accidentes y riesgos de trabajo.
2. Operar un comité de seguridad y atención a contingencias ambientales, en coordinación con las autoridades estatales y municipales competentes para la atención de las emergencias

Las acciones que engloban este subprograma son las siguientes (**Tabla 6.35**):

Tabla 6.35. Acciones asociadas con el Subprograma de Salud y Seguridad.

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SSS	103	1. Contar con un área específica para primeros auxilios en caso de emergencia durante el proceso de preparación y construcción del Proyecto.	X	X		X	X			Plan de acciones a seguir en caso de emergencia, pláticas de difusión correspondiente, colocación del plan de acción en sitios estratégicos en los frentes de trabajo. Bitácora de registro por evento
	104	2. Contar con un manual de procedimientos en caso de contingencias ambientales que incluya las estrategias a seguir en caso de huracanes, sismos e incendios de manera que se prevengan accidentes en términos ambientales, de salud y de seguridad.	X	X	X	X	X			Manual de procedimientos para cada caso. Control de copias firmadas por empresa participante. Registro de pláticas dadas al personal de obra acerca del tema. Reporte por evento
	105	3. Equipar al personal de obra, con el equipo de seguridad necesario, de acuerdo con las acciones a realizar, que resulten visibles (chaleco, casco, botas, guantes, entre otros).		X		X	X			Registro fotográfico. Reporte de eventualidades
	106	4. Establecer límites de velocidad en tramos críticos de la vialidad				X	X			Señalización de individuos y registro y seguimiento en bitácora
	107	5. Implementar rutas seguras de navegación durante las actividades en el cuerpo de agua en coordinación con Capitanía de Puerto y Servicios Náuticos.		X	X	X	X			Acuse de acuerdos y seguimiento de actividades
	108	6. Delimitar y señalar por medio de boyas las áreas en donde se llevarán a cabo las actividades constructivas en el sistema lagunar.		X		X	X			Registro fotográfico

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	109	7. Delimitar las áreas para operación de las embarcaciones y equipo		X		X	X			Registro fotográfico
	110	8. Colocación de cortinas o mallas antidispersión durante las actividades de perforación y excavación para el control de los sedimentos		X			X			Número de cortinas antidispersión colocadas
		Total	2	7	2	7	8			

6.3.9.2 Subprograma de Prevención y Manejo de Contingencias (SPMC)

Este subprograma se desarrolla debido a que el proyecto se trata de una vialidad aérea, que se encuentra dentro del área de incidencia de ciclones tropicales y tormentas, durante el verano y parte del otoño y podrían representar una amenaza para la infraestructura, en casos severos, pueden llegar a causar afectaciones severas a la vegetación, a la fauna asociada.

Objetivos:

1. Implementar un sistema de prevención y atención a contingencias ocasionadas por incendios, inundaciones, huracanes, derrames de sustancias peligrosas al suelo y agua, entre otros.
2. Operar un comité de seguridad y atención a contingencias ambientales, en coordinación con las autoridades competentes.
3. Las acciones que engloba este subprograma son las siguientes (Tabla 6.36):

Tabla 6.36. Acciones relacionadas con el Subprograma de Prevención y Manejo de Contingencias.

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SPMC	111	1. Colocar señalamientos visibles y claros en lugares adecuados que indiquen las rutas de evacuación y puntos de reunión.	X	X	X	X	X			Registro fotográfico
	112	2. Mantener las instalaciones y la maquinaria en óptimo estado para evitar accidentes.	X	X	X	X	X			Bitácora de seguimiento

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	113	3. Contar con un sistema de seguimiento de alerta temprana de fenómenos hidrometeorológicos.	X	X	X	X	X			Formato de atención y seguimiento interno. Bitácora de registro por evento
	114	4. Suspender los trabajos en caso de presentarse un fenómeno meteorológico que implique algún riesgo.	X	X	X	X	X			Bitácora de registro por evento
		Total	4	4	4	4	4			

6.3.10 Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar (PRMAAM)

Como se ha mencionado en diferentes apartados a lo largo de esta MIA-R, El proyecto fue diseñado a partir de un análisis minucioso de la zona. Antes del trazo que se somete a evaluación hubo varias propuestas, cada una con un proceso de gestión y de revisión profunda y discutida entre diferentes interlocutores para atender temas a nivel de ingeniería, de ecología, de impacto social, financiero, cada uno buscando ser la mejor propuesta, que se adapte y cumpla con la viabilidad financiera, social, ambiental y legal, sin embargo, no fue posible evitar la afectación de algunos individuos de vegetación de selva y mangle. Es por ello que, la finalidad de este Programa es la implementación de acciones que permitan la rehabilitación de una superficie de 306.6 ha de humedales dentro del Sistema Ambiental Regional en coordinación con la CONANP dentro del marco del “Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar” (PRMAAM). Esto como medida compensatoria por la afectación directa de 39,666.22419 m² (3.97 ha) de vegetación por las obras temporales y permanentes, de estas, 3498.41 m² (0.35 ha) corresponden con vegetación de manglar y 6379.35 m² (0.64 ha) con vegetación con presencia de mangle; así como por la afectación indirecta en 14,101.03 m² (1.41 ha) en vegetación de manglar (efecto sombra debajo del puente); así como por la afectación directa de 17,723.97 m² (1.7724 ha) de selva y humedales. Dentro de los objetivos se contempla: aumentar la cobertura de manglar, mejorar la calidad de otros humedales presentes en el sistema, así como, por la implementación de obras en la franja de amortiguamiento de manglar, lo anterior, en cumplimiento a lo requerido por la NOM-022-SEMARNAT-2003 y 60 TER de la LGVS.

Este programa se complementa con el Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal (SRAAT) que restituirá la vegetación en las áreas que fueron empleadas para las obras temporales asociadas con el Proyecto, esto será de acuerdo con el tipo de vegetación y que se encontraba en el sitio previo a su desmonte. Este programa se basa en el planteamiento de “tasa cero” o **impacto neto positivo**, es decir, se restituirá dentro del SAR del Proyecto, la superficie que ocupaban los individuos de mangle sobre los que quedaron las obras permanentes y como compensación, se trabajará en un Programa de rehabilitación y mejoramiento ambiental de áreas de manglar (PRMAAM), abarcará una superficie total de 306.6 ha dentro del ANP y SAR del Proyecto. Adicional a lo anterior, se hará una cesión de propiedad a favor de la CONANP con respecto al acuerdo de destino, por una superficie 208.44 ha, actualmente propiedad del gobierno del estado de Quintana Roo para su regularización formal, además, se donarán 97.41 ha. que se encuentran fuera del acuerdo de destino, con la finalidad de ampliar la frontera del ANP “Manglares de Nichupté”.

El Programa se presenta de manera conceptual en el Anexo 6.1, el cual, al ser autorizado el Proyecto, se convertirá en un Proyecto Ejecutivo y las acciones a llevarse a cabo dentro del mismo, serán incorporadas en este SGAS como el octavo programa, este programa contempla dentro de su estructura lo correspondiente con el monitoreo ambiental.

De manera general los objetivos del Programa de rehabilitación y mejoramiento ambiental de áreas de manglar (PRMAAM) son los siguientes:

Objetivos:

Manglar:

1. Lograr una tasa cero de pérdida de cobertura de manglar, al restituir los individuos afectados en una sección dentro del SAR del Proyecto.
2. Diseñar las estrategias de rehabilitación (microcanales, colecta de germoplasma, conformación topográfica, reforestación, entre otros) adecuadas a la zona, de acuerdo con los estudios específicos.
3. Las acciones de este Programa se llevarán a cabo en, en donde el incremento de cobertura o la rehabilitación hidrológica permita la mejora del ecosistema y la recuperación o incremento de los servicios ambientales con respecto a los actuales.
4. Mejorar la estructura del manglar y humedales asociados al mejorar los patrones hidrológicos en zonas afectadas dentro del SAR.

6.3.11 Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)

El Programa de Vigilancia Ambiental estará dentro del SGAS, sin embargo, será llevado a cabo por participación externa, es decir, dependencias externas de los tres órdenes de gobierno, tendrán atribuciones de supervisor externo, para vigilar el cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación determinadas en la MIA-R, así como, aquellas que determine la Dirección de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) a través de la resolución correspondiente.

Objetivos:

1. Vigilar el cumplimiento de las obligaciones ambientales de manera paralela al Programa de supervisión ambiental.
2. Emitir recomendaciones y propuestas de atención de medidas de control directamente a los responsables del Proyecto y Supervisión ambiental.
3. Alertar directamente a los responsables del Proyecto y Supervisión Ambiental en caso de detectar impactos que no fueron identificados.

6.3.11.1 Subprograma de Vigilancia Ambiental (SVA)

La participación de las dependencias externas será en todas las fases del Proyecto, sin embargo, sus funciones serán requeridas de manera constante durante la preparación y construcción, considerando que son las etapas de mayor ocurrencia de impactos.

Las acciones que engloban este subprograma son las siguientes (Tabla 6.37):

Tabla 6.37. Acciones asociadas con el Subprograma de Vigilancia Ambiental.

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SVA	115	1. Conocer las obras y actividades del Proyecto autorizadas.	X	X	X	X	X			Contar con la lista de acciones y compromisos
	116	2. Realizar de manera coordinada visitas de inspección al Proyecto con énfasis en las etapas de mayores impactos.	X	X	X	X	X			Reporte por evento
	117	3. Hacer llegar a los responsables del proyecto, con copia a los integrantes del comité de vigilancia ambiental las observaciones del recorrido y la medida de atención.	X	X	X	X	X			Reporte por evento

Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
	118	4. Verificar el cumplimiento de las medidas de atención correspondientes, ya sea de acuerdo al SGAS o propuestas adicionales.	X	X	X	X	X			Reporte por evento
	119	5. Reporte de resultados periódicos entregados al responsable de realizar el informe de cumplimiento de términos y condicionantes de acuerdo con la periodicidad establecida.	X	X	X	X	X			Informe periódico
			5	5	5	5	5			

6.3.12 Programa Piloto para la Recuperación de Pastos Marinos (PPRPM)

Los pastos marinos son ecosistemas marinos con gran importancia, situados en la zona costera. Pueden encontrarse en lagunas marinas o estuarios costeros, y comúnmente están conectados con manglares y/o arrecifes coralinos (van Tussenbroek et al., 2006). Las interacciones entre estos ecosistemas incluyen la hidrodinámica ambiental, producción de sedimentos, exportación de materia orgánica, y movimientos migratorios de la fauna entre los sistemas, además ayudar en la reducción de la erosión costera (Duarte, 2002; van Tussenbroek et al., 2006; Tan et al., 2020; Valdez et al., 2020).

Actualmente enfrentan un declive a nivel global, regional y local debido al aumento de la temperatura del mar, el desarrollo costero y la contaminación (Evans et al., 2018; Tan et al., 2020). Los esfuerzos que realizan para mitigar la situación están enfocados en reducción de los estresores locales y regionales de una manera pasiva. Se ha involucrado la restauración activa, las propuestas están enfocadas revertir la degradación de hábitat, y la mayoría de las acciones están enfocadas en el trasplante de pastos de un sitio con alta cobertura a un sitio con degradación (Gordon, 1996; Curiel et al., 2005; Paling et al., 2009). Siendo importante la selección del hábitat de trasplante y mejorar/optimizar las técnicas de trasplante (Fonseca et al., 2002).

En el Caribe Mexicano, las especies de pastos marinos como *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii*, se encuentran en la NOM-059, es decir se encuentran en protección ambiental de especies nativas de México. La *S. filiforme* y

H. wrightii, se encuentran en la categoría de amenazadas, y la *T. testudinum* está sujeta a protección especial, que incluye acciones de protección y restauración de la especie y especies adyacentes.

La *Thalassia testudinum* es una especie con gran importancia biológica en México, sirven como sitio de crianza, refugio y alimentación de muchas especies juveniles de peces, e invertebrados (van Tussenbroek et al., 2006). Son angiospermas marinas, es decir son plantas clonales, y sus poblaciones están compuestas por una serie de elementos similares que se repiten vegetativamente, que se pueden clasificar como ramets (Martinez-Daranas et al., 2013) (Figura 6. 9). Es dioica, tiene flores masculinas y femeninas que se encuentran en plantas distintas (Figura 6. 10). La floración de esta especie ocurre de marzo a mayo, y la formación de frutos dura aproximadamente 4 meses (junio-septiembre), produciendo entre una a seis semillas (van Tussenbroek et al., 2015). La temperatura ideal esta entre 20 y 30°C (Barber y Behrens, 1985), con una salinidad entre 24 y 35ppt, requiere un mínimo de profundidad de sedimentación de ~25-50cm para lograr un buen crecimiento (Zieman, 1975).

En México, los esfuerzos de restauración de esta especie son prácticamente nulos. Siendo estrategias que comienzan a incluir el trasplante de un sitio a otro sin un registro experimental ni resultados reportados. Sin embargo, no existe un cultivo de pastos marinos en sistemas controlados para su producción. En otros países se han realizado esfuerzos para el cultivo de pastos con el fin de incorporarlo a las estrategias de restauración a un futuro, pero las características de esas especies varían con la *T. testudinum*, y se realizan a nivel de estudio y a escalas pequeñas (Zarranz et al., 2010; Balestri y Lardicci, 2012).

Por este motivo es importante implementar proyectos para proveer información valiosa para generar a futuro estrategias y técnicas para el mantenimiento y producción de la especie *T. testudinum* en cultivos de sistemas controlados, trasplante de pastos de una localidad a otra, y programas de restauración de pastos marinos.

Figura 6. 9. Estructura de *Thalassia testudinum*. a) Rizoma, b) Ápice del rizoma, c) Haz foliar, d) Hoja, e) Vaina, h) Raíz. (Imagen tomada de van Tussenbroek et al., 2015).

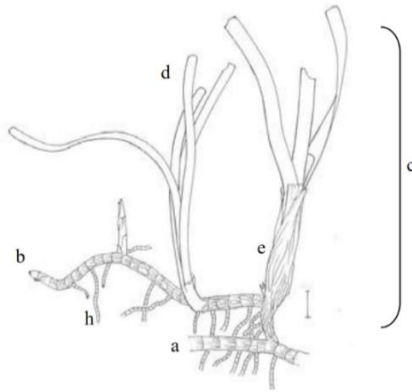


Figura 6. 10. a) Grupo de flores masculinas en distintas etapas de desarrollo, b) Botón femenino, c) Flor femenina, d) Fruto inmaduro, e) Fruto maduro, f) Semilla, g) Fruto abierto sin semillas. (Imagen tomada de van Tussenbroek et al., 2015).



Es por ello que, con la finalidad de generar información que sirva como parte de las estrategias para el mantenimiento y producción de la especie *T. testudinum* para determinar la factibilidad de trasplante y restauración de pastos marinos, se propone el desarrollo de este Programa Piloto en coordinación con el CRIP Puerto Morelos y de la mano de los especialistas, como parte de las medidas de control y mitigación por la construcción del Proyecto dentro de los ambientes lagunares con presencia de pastos marinos buscando que el impacto que se genere sobre estos sea temporal y recuperable.

De manera general los objetivos del Programa Piloto para la Recuperación de Pastos Marinos (PPRPM) son los siguientes:

Objetivos:

1. Determinar el éxito de sobrevivencia de trasplantes de pastos marinos de *Thalassia testudinum* para evaluar la factibilidad de reubicación de esta especie
2. Evaluar el crecimiento y sobrevivencia de pasto marino de la especie *Thalassia testudinum* obtenidos por semillas en sistemas de cultivo.

A continuación, se presentan los posibles métodos que se podrán ejecutar para el desarrollo del Programa, sin embargo, de resultar autorizado el Proyecto PVN se presentará el Proyecto Ejecutivo del Programa, el cual contendrá entre otros, los objetivos específicos, las metodologías, los indicadores de realización, los indicadores de eficacia, análisis,

procesamiento e interpretación de resultados, metas particulares, etc. Esta información será incorporada dentro de este SGAS. Metodologías propuestas:

i. Procedimientos para la colecta:

En el caso de la colecta de pasto marino se deben elegir praderas donadoras en sitios donde el pastizal sea extenso, que se vea sano y que presente una alta densidad de haces foliares. Se recomienda el uso de nucleadores de por lo menos 30 cm de diámetro, o de ser posible un proceso de desenterramiento de hileras de pastos marinos que tenga un mínimo de 5 ramets para mejor manejo de los rizomas. Las muestras de pasto marino se colectan en bolsas de plástico con agua marina y se transportan en hieleras al sitio en donde se van a transplantar o a cultivar.

Las semillas de pasto marino deberán colectarse en la época de producción de frutos, directamente de la pradera de pasto marino, y la recolección debe hacerse manual. El transporte también se debe realizar en bolsas de plástico con agua marina en hieleras hasta los sitios de cultivo.

ii. Aclimatación de los pastos en los sistemas de cultivo

Se deberá implementar un procedimiento de aclimatación de las muestras de pastos marinos, ya sea que sean pastos marinos o semillas, que contemple un cambio gradual en la temperatura y tipo de agua en el que se van a mantener.

Es recomendable aplicar algún procedimiento de desinfección para eliminar organismos indeseables que puedan venir en las raíces, hojas o sustrato de las muestras, y que puedan ser perjudiciales en el sitio en donde sean reubicados o cultivados. También se recomienda quitar el exceso de sedimento, así como retirar las hojas que ya se encuentran muertas, para evitar un proceso de descomposición.

iii. Trasplante de los pastos y semillas

Una vez realizada la aclimatación y limpieza de las semillas y de los pastos se deben establecer en los sistemas de cultivo. Para ello se requiere colocar una cama de arena de 10cm mínimo de espesor, con el fin de fijar los pastos en los sistemas. Se debe mantener un flujo abierto y con movimiento dentro de las tinas, así como un sistema de enfriamiento para control de temperatura.

En el caso de las semillas es necesario mantenerlas contenidas dentro del sistema de cultivo hasta su germinación. Una vez que comienza a germinar las semillas se fija con

arena en frascos transparentes dentro del mismo sistema y conforme van creciendo se retiran del frasco y se fijan al sustrato con arena.

En el caso de que el trasplante de los pastos sea en el mar, se debe realizar la fijación de los pastos al nuevo sustrato para evitar que las muestras se pierdan con el efecto del movimiento del agua y energía del oleaje.

iv. Monitoreo de crecimiento y sobrevivencia

Se deberá implementar un protocolo de monitoreo para evaluar el crecimiento y sobrevivencia tanto de los pastos marinos, como de los haces foliares germinados de semillas.

Se recomienda un registro de monitoreo mensual de los pastos obtenidos por germinación de semilla, y de 3 meses en los trasplantes de núcleos o líneas de haces de pastos marinos. El monitoreo deberá analizar y registrar el tamaño del haz foliar, el número de hojas, el promedio de la altura de las hojas y la longitud del rizoma en el caso de los primeros meses en las semillas germinadas.

Se recomienda tomar los parámetros de luz, salinidad y temperatura

Como parte de los resultados mínimos que se esperan obtener a través de la implementación de este Programa Piloto son:

- Diseño experimental que permita evaluar la eficiencia de los métodos empleados para el trasplante de los pastos marinos y para la germinación de semillas.
- Gráfica de la longitud de las hojas, como una longitud promedio de las hojas de cada ramet, a lo largo del tiempo, como un indicador de crecimiento.
- Fotografías de seguimiento para determinar los cambios de cobertura de las praderas de pastos marinos

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Balestri, E., & Lardicci, C. (2012). Nursery-propagated plants from seed: a novel tool to improve the effectiveness and sustainability of seagrass restoration. *Journal of Applied Ecology*, 49(6), 1426-1435.

- Barber, B. J., & Behrens, P. J. (1985). Effects of elevated temperature on seasonal in situ leaf productivity of *Thalassia testudinum* Banks ex König and *Syringodium filiforme* Kützing. *Aquatic Botany*, 22(1), 61-69.
- Curiel, D., Scarton, F., Rismondo, A., & Marzocchi, M. (2005). Pilot transplanting project of *Cymodocea nodosa* and *Zostera marina* in the lagoon of Venice: Results and perspectives. *Boll Mus civ St nat Venezia*, 56, 25-40.
- Evans, S. M., Griffin, K. J., Blick, R. A., Poore, A. G., & Vergés, A. (2018). Seagrass on the brink: Decline of threatened seagrass *Posidonia australis* continues following protection. *Plos one*, 13(4), e0190370.
- Martínez-Daranas, B., Macías-Reyes, D., & Cano-Mallo, M. (2013). Protocolo para el monitoreo de los pastos marinos. Proyecto GEF/PNUD, Aplicación de un enfoque regional al manejo de las áreas marino-costeras protegidas en la Región Archipiélagos del Sur de Cuba.
- Tan, Y. M., Dalby, O., Kendrick, G. A., Statton, J., Sinclair, E. A., Fraser, M. W., ... & Sherman, C. D. (2020). Seagrass restoration is possible: insights and lessons from Australia and New Zealand. *Frontiers in Marine Science*, 617.
- Valdez, S. R., Zhang, Y. S., van der Heide, T., Vanderklift, M. A., Tarquinio, F., Orth, R. J., & Silliman, B. R. (2020). Positive ecological interactions and the success of seagrass restoration. *Frontiers in Marine Science*, 7, 91.
- van Tussenbroek, B. I., Vonk, J. A., Stapel, J., Erftemeijer, P. L., Middelburg, J. J., & Zieman, J. C. (2006). The biology of *Thalassia: paradigms* and recent advances in research. *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*, 409-439.
- van Tussenbroek, B. I., Santos, M. B., Wong, J. G. R., Van Dijk, J. K., & Waycott, M. (2010). A guide to the tropical seagrasses of the Western Atlantic. *UNAM, México*, 75.
- Zarranz, M. E., González-Henríquez, N., García-Jiménez, P., & Robaina, R. R. (2010). Restoration of *Cymodocea nodosa* seagrass meadows through seed propagation: germination in vitro, seedling culture and field transplants.

Zieman, J. C. (1975). Seasonal variation of turtle grass, *Thalassia testudinum* König, with reference to temperature and salinity effects. *Aquatic Botany*, 1, 107-123.

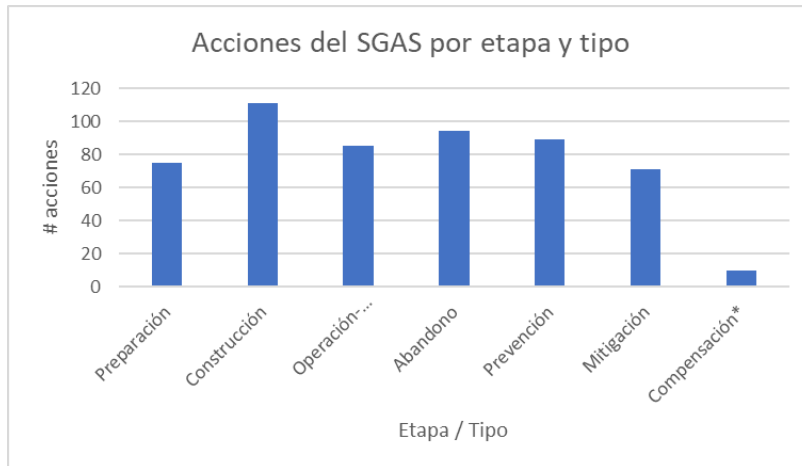
6.4 ACCIONES A REALIZAR A TRAVÉS DEL SGAS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO

El SGAS en su conjunto, propone la implementación de 119 acciones a realizarse entre todos los Programas y Subprogramas a lo largo las diferentes etapas de desarrollo del Proyecto e inciden de manera directa o indirecta sobre uno o más impactos de los evaluados en el Capítulo 5 de esta MIA-R. Estas acciones serán supervisadas y evaluadas, como ya se comentó, a través del Programa de Supervisión y Gestión Ambiental.

De las 119 acciones, la mayoría se concentra en la etapa de construcción. Con respecto a las medidas de compensación, es importante resaltar que sólo se toman en cuenta las que se incluye en el SGAS sin considerar las del Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar, cuya finalidad es totalmente de compensación y las acciones serán planteadas una vez que resulte autorizado el Proyecto, para que a su vez, se desarrolle el Proyecto ejecutivo, que incluirá las acciones y medidas de acuerdo a las características particulares del sitio a intervenir. Una vez que el Proyecto ejecutivo haya sido autorizado, se incorporarán las medidas a la tabla del SGAS. Con respecto a la cantidad de acciones encaminadas a la Prevención (Pr), Mitigación y Compensación, la mayor cantidad de acciones están destinadas a la prevención (91) (Figura 6. 11 y Tabla 6.38).

En la Tabla 6. 39, se presenta la relación integral de las acciones, etapas, medidas e indicadores de seguimiento para el SGAS, con excepción del Programa de rehabilitación y mejoramiento ambiental de áreas de manglar y del Programa Piloto de Recuperación de Pastos Marinos, que se presentan en la tabla de manera enunciativa. Al aprobarse el Proyecto, se desarrollarán estos Programas y si incluirán las acciones correspondientes.

Figura 6. 11. Distribución de acciones por etapa y tipo asociadas con el Proyecto. . Etapa: P=Preparación, C=Construcción, OM=Operación y Mantenimiento. Tipo de medida Pr=Prevención, M=Mitigación, C=Compensación



Fuente: GPPA.

Tabla 6.38. Cuantificación de medidas de acuerdo al programa del SGAS, etapa y tipo.

Etapa	Cantidad
Preparación	78
Construcción	114
Operación-Mantenimiento	86
Abandono	95
Tipo de medida	Cantidad
Prevención	91
Mitigación	71
Compensación*	10

Tabla 6. 39. Resumen de las medidas propuestas para la mitigación, prevención y compensación del Proyecto, agrupadas por los Programas y Subprogramas mediante los cuales se les dará seguimiento.

Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad del proyecto Puente Vehicular Nichupté (SGAS-PVN)											
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
				P	C	OM	A	P	M	C	
PSGA	SSGA	1	1. Ejecutar el Sistema de Manejo Adaptativo y Gestión Ambiental	X	X	X	X	X			
		2*	2. Prohibir la quema de vegetación o basura, así como de acciones que puedan provocar incendios forestales.	X	X		X	X	X		Bitácora de localización de sitios en que se haya realizado remoción de residuos por fase
		3*	3. Reforestar con vegetación nativa las áreas impactadas por las obras temporales del Proyecto.		X	X	X		X	X	Bitácora de zonas de reforestación con los siguientes datos, coordenadas, número de individuos reforestados por especie
		4	4. Verificar que el Proyecto cumpla los compromisos derivados de la gestión entre dependencias.		X	X	X	X	X		Acuses de ingreso o recepción a las dependencias correspondientes
		5*	5. Implementar buenas prácticas ambientales para la conservación de la flora y fauna, el manejo integral de residuos y el manejo responsable del agua.	X	X	X	X	X	X	X	Registro en bitácora de cantidad de acciones llevadas a cabo
		6	6. Verificar el programa de obra comprometido por el proyecto y los parámetros de modificación y aprovechamiento autorizados.	X	X	X	X	X			Reportes mensuales de la supervisión ambiental y reportes por evento por parte del comité externo
		7	7. Supervisar la implementación por etapa de las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales		X	X	X	X	X	X	Supervisar la implementación de las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales, durante cada etapa del proyecto
		8	8. Coadyuvar con la CONANP en el programa de inspección y vigilancia	X	X	X	X	X		X	Acuses de ingreso o recepción
				Total		5	8	7	8	7	5
		Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo		
				P	C	OM	A	P	M	C	
	SCA	9	1. Supervisar el cumplimiento en tiempo y forma de los compromisos ambientales adquiridos por el promotor del Proyecto en la MIA-R y en la resolución correspondiente.	X	X	X		X			Reporte de acciones y resultados

		10*	2. Verificar que las medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales adicionales o ajustadas se integren en el SGAS	X	X	X	X	X			Acuses de ingreso a la autoridad del ajuste o adición de medidas y
		11	3. Supervisar del cumplimiento de las obligaciones ambientales por parte de todos los involucrados en el desarrollo del proyecto.	X	X	X	X	X			Reportes mensuales de la supervisión ambiental y reportes por evento por parte del comité externo
		12	4. Verificar que los cambios de uso de suelo debidos al proyecto se den de acuerdo al programa de obra comprometido y a los parámetros de modificación y aprovechamientos autorizados.	X	X			X			Reportes mensuales de la supervisión ambiental y reportes por evento por parte del comité externo
			Total	4	4	3	2	4	0	0	
			Subtotal	9	12	10	10	11	5	4	
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
				P	C	OM	A	P	M	C	
PMIV	SMAC	13	1.Reforestar con vegetación nativa y propia del área, las áreas que fueron ocupadas por obras temporales del Proyecto			X	X				Bitácora de localización de sitios y registro de cantidad de individuos reforestados y porcentaje de sobrevivencia
		14	2. Señalización de las áreas de conservación del proyecto.	X	X		X	X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
		15	3. Control y erradicación de especies exóticas invasoras.	X	X	X	X	X	X		Inventario de individuos localizados por especie e individuos removidos.
		16*	4. Inspección y mantenimiento de las áreas de conservación asociadas con la ZID del Proyecto.		X	X	X		X	X	Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
		17*	5. Podar o dirigir el desarrollo de algunas ramas y troncos en donde sea posible para evitar la remoción total del individuo.	X	X	X		X	X		Señalización de individuos y registro y seguimiento en bitácora
		18	6.Colocar señalización restrictiva en áreas próximas al cuerpo lagunar		X	X		X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
				Total	3	5	5	4	4	5	1
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
			P	C	OM	A	P	M	C		
	SRMV	19	1. Instalación de un vivero temporal para el mantenimiento de las especies terrestres.	X					X	X	Registro fotográfico y bitácora de control de especies e individuos, propagación y sobrevivencia.

	20	2. Realizar las actividades de remoción de vegetación de forma ordenada, conforme el avance de la obra y en el área mínima de afectación.		X				X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento de inicio y término de actividades y cuantificación de individuos rescatados por especie
	21*	3. Rescate de plantas nativas y traslado al vivero del proyecto para su mantenimiento y posterior trasplante.		X					X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento de inicio y término de actividades y cuantificación de individuos rescatados por especie
	22	4. Registrar los individuos rescatados y su seguimiento en vivero hasta su reubicación.		X	X				X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento de inicio y término de actividades y cuantificación de individuos rescatados por especie
	23*	5. Acopio del suelo retirado por las labores de desmonte para ser utilizarlo como sustrato para las plantas del vivero temporal o para reincorporan a las áreas a reforestar.		X	X				X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
	24	6. Habilitar los insumos necesarios para el mantenimiento de las plantas en el vivero (agua, bomba, mangueras, contenedores para agua)		X	X				X		Bitácora de seguimiento
	25	7. Disponer de los residuos sólidos y material producto de las excavaciones en zonas fuera del manglar.		X	X			X	X		Registro fotográfico, bitácora de seguimiento de acopio temporal y comprobantes de disposición final
	26*	8. Trasplantar y propagar individuos de especies representativas de los ecosistemas afectados por el desarrollo del proyecto, en especial aquellas en alguna categoría de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010, que se encuentren en las áreas de aprovechamiento		X	X	X	X	X	X		Registro fotográfico y bitácora de control
	27	9. Incorporación del material vegetal triturado producto del desmonte a la vegetación en el vivero y áreas temporales a reforestar.		X	X	X			X		Registro fotográfico, bitácora de seguimiento y registro de las coordenadas del sitio
		Total	1	8	6	2	3	9	1		
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
			P	C	OM	A	P	M	C		
SRAAT	28*	1. Evitar la quema de vegetación o basura, así como de acciones que puedan provocar incendios forestales.	X	X	X	X	X				Bitácora de acciones

		29*	2. Reforestar las áreas de aprovechamiento temporal con vegetación nativa.		X	X	X		X	X	Registro fotográfico y bitácora de seguimiento de inicio y término de actividades y cuantificación de individuos reubicados por especie y seguimiento
		30*	3. Reforestación de otras áreas próximas a la zona de influencia del proyecto o del SAR que mejoren la estructura de la vegetación.		X	X	X			X	Registro fotográfico y bitácora de seguimiento de inicio y término de actividades y cuantificación de individuos reubicados por especie y seguimiento
		31*	4. Dar mantenimiento periódico a la vegetación por un periodo de tres años hasta que puedan mantenerse de forma natural con el riesgo estacional		X	X	X	X	X		Registro fotográfico, bitácora de seguimiento y resultados
		32	5. Llevar un registro en bitácora de la especie, condición y ubicación.		X	X	X	X			Registro fotográfico, bitácora de seguimiento y resultados
			Total	1	5	5	5	3	2	2	
			Subtotal	5	18	16	11	10	16	4	
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
				P	C	OM	A	P	M	C	
PMIF	SMRF	33	1. Reubicar a los ejemplares de fauna terrestre que se encuentren en áreas de aprovechamiento del proyecto y reubicarlos en zonas de conservación	X	X	X		X	X		Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos rescatados y coordenadas de reubicación.
		34	2. Colectar a los ejemplares de biota marina que se encuentren en áreas de aprovechamiento del proyecto y reubicarlos en áreas de conservación.	X	X			X	X		Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos rescatados y coordenadas de reubicación.
		35	3. Registrar la especie, coordenadas geográficas, fecha de rescate, nombre científico, número de registro y lugar de reubicación en la bitácora de rescate de fauna del proyecto.		X	X			X		Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos rescatados y coordenadas de reubicación.
		36	4. La iluminación del Proyecto será dirigida hacia la superficie de rodamiento y no hacia afuera. Durante las fases de preparación y construcción se buscará de igual manera que no haya luces que puedan afectar los hábitos nocturnos de la fauna.	X	X	X		X	X		Registro fotográfico y reportes periódicos de resultados de la supervisión

		37	5. Habilitar pasos de fauna en los caminos temporales	X	X			X	X		Coordenadas de los pasos de fauna. Colocar señalamientos del cuidado y protección de la fauna, en especial del cocodrilo y las serpientes
		38	6.Coadyuvar con la CONANP para apoyar las actividades de monitoreo de cocodrilos en el SLN, como especie necesaria para mantener el equilibrio en el sistema.	X	X	X	X	X		X	Acuse firmado de acuerdos y seguimiento de actividades
		Total		5	6	4	1	5	5	1	
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
				P	C	OM	A	P	M	C	
	SCFyFIT	39	1. Capturar la fauna feral que se identifique en la zona de influencia del Proyecto y coordinar con el Municipio su manejo.	X	X		X		X	X	Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos. Acciones llevadas a cabo en coordinación con autoridades municipales
		40	2. Coordinar con el Municipio las acciones para el resguardo y destino de la fauna feral para su control.	X	X		X	X			Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos. Acciones llevados a cabo en coordinación con autoridades municipales
		41	3. Reubicar la fauna de importancia médica a zonas de conservación. De ser necesario, en coordinación con la PROFEPA se buscará el resguardo y protección de especies silvestres incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	X	X	X	X	X	X		Acuse de acuerdo de acciones a llevar a cabo con la CONANP o PROFEPA. Registro fotográfico y bitácora de control de sitio de captura de individuos. Seguimiento de acciones comprometidas
		Total		3	3	1	3	2	2	1	
		Subtotal		8	9	5	4	7	7	2	
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
				P	C	OM	A	P	M	C	
PMIR	SRSUyME	42	1. Uso de redes para contener residuos sólidos que pudieran caer de la estructura en construcción o ser dispersados por el viento hacia el cuerpo de agua o la vegetación.	X	X		X	X	X		Registro fotográfico, reporte de resultados
		43	2. Establecer depósitos para el acopio de los residuos de obra.	X	X		X	X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento

	44*	3. Separación adecuada de los residuos sólidos para su posterior reutilización y reciclaje en contenedores específicos, debidamente rotulados y colocados estratégicamente <u>cerca de las fuentes de generación</u>	X	X	X	X		X		Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización ambiental sobre el tema y bitácora de seguimiento
	45	4. Acopiar los residuos en contenedores apropiados con tapa	X	X	X	X		X		Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización ambiental sobre el tema y bitácora de seguimiento
	46*	5. Entregar los residuos sólidos reciclables a empresas debidamente autorizadas para su traslado o durante las campañas mensuales del Reciclatón en el municipio Benito Juárez.	X	X		X		X		Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización ambiental sobre el tema y bitácora de seguimiento. contar con copia de la autorización vigente de las empresas, y el contrato entre promovente y empresa recolectora. En caso de reciclatón, solicitar su comprobante de acopio.
	47	6. Entregar los residuos inorgánicos no reciclables a los vehículos recolectores del ayuntamiento para su traslado al relleno sanitario.	X	X		X		X		Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización ambiental sobre el tema y bitácora de seguimiento
	48	7. Disponer los residuos de manejo especial que se generen durante la obra de manera temporal en sitios determinados para este fin para El Proyecto.		X	X	X	X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
	49	8. Implementar puntos limpios para el lavado de ollas en sitios autorizados fuera del SLN.		X			X	X		Registro fotográfico y bitácora de seguimiento
	50	9. Humedecer y cubrir con material textil o plástico los polvos usados en el proceso constructivo para reducir su dispersión.	X	X			X	X		Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización ambiental sobre el tema y bitácora de seguimiento
	51	10. Realizar la disposición final de los residuos de manejo especial en los sitios autorizados y determinados por la autoridad.		X	X	X		X		Registro fotográfico, bitácora de seguimiento y comprobantes de disposición final a través de empresas autorizadas, con permiso vigente. Indispensable contar con los permisos de la empresa y contrato entre empresa y promovente
		Total	7	10	4	8	5	10	0	
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	

SRLS	52	1. Instalación de sanitarios portátiles a razón de uno por cada 15 trabajadores.	X	X		X	X	X	Contrato con una empresa autorizada, registro fotográfico de acciones de mantenimiento y bitácora de control por evento firmada por la empresa contratada	
	53	2. Mantener en óptimas condiciones los sanitarios portátiles.	X	X		X	X		Contrato con una empresa autorizada, registro fotográfico de acciones de mantenimiento y bitácora de control por evento firmada por la empresa contratada	
	54	3. Contratar empresas especializadas y debidamente acreditadas para el transporte y disposición final de los residuos líquidos.	X	X	X	X	X	X	contar con copia del permiso y del contrato generado por la recolección de residuos líquidos entre promovente y empresa recolectora	
	55	4. Equipar los patios de almacenamiento de material con canales para contener residuos	X	X		X	X	X	Registro fotográfico y seguimiento de acciones y resultados	
	56	5. Los materiales que puedan generar residuos que sean arrastrados por la lluvia, serán cubiertos con una malla para evitar su llegada al cuerpo de agua.	X	X		X	X	X	Registro fotográfico y seguimiento de acciones y resultados	
		Total	5	5	1	5	5	4	0	
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SRP	57*	1. No hacer uso de herbicidas o agroquímicos en las operaciones de desmonte y limpieza del sitio.		X		X	X		Registro fotográfico, cantidad de pláticas de sensibilización del tema y seguimiento de acciones y resultados	
	58	2. Almacenar temporalmente los residuos peligrosos en un área adecuada y conforme a lo establecido en la LGPEGIR, por tipo y debidamente rotulados los contenedores. Applica para el almacenamiento temporal de combustible para maquinaria telas impregnadas, etc.	X	X		X	X		Registro fotográfico de habilitación de sitio de acopio temporal, bitácora de almacenamiento, cantidad y tipo de residuo y comprobantes de disposición final	
	59	3. Contar con equipo y material apropiado para atender contingencias (derrames de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas en suelo o agua).	X	X	X	X	X	X	Registro fotográfico, localización y señalización de materiales y programa de acciones a seguir en caso de derrame. S seguimiento de acciones y resultados por evento	

		60	4. Contratar empresas especializadas y debidamente acreditadas ante la SEMARNAT para el transporte y disposición final de los residuos peligrosos.	X	X	X	X	X	X		Contrato con una empresa autorizada y permisos vigentes de la empresa contratada		
			Total	3	4	2	4	4	2	0			
			Subtotal	15	19	7	17	14	16	0			
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador		
				P	C	OM	A	P	M	C			
PMA	SMV	61	1. Establecer puntos de muestreo permanentes en las áreas de conservación del proyecto para el registro periódico de sus condiciones antes de iniciar la etapa de construcción del proyecto (Estudios de línea base ambiental - LBA) y durante la vida útil del mismo. Los resultados serán presentados en informes periódicos de acuerdo con lo que determine la autoridad.		X		X		X		Localización geográfica de los sitios de muestreo y reporte de resultados de acuerdo a la estacionalidad acordada		
		62	2. Coadyuvar con la CONANP para el monitoreo de los efectos del CCG en el SLN		X	X	X	X	X		Acuse de acuerdos y seguimiento de actividades		
		63*	3. Muestreo semestral de la vegetación terrestre durante el proceso constructivo. Semestral durante los primeros tres años de operación. En el cuarto año de operación y con base con los resultados y recomendaciones reportadas por el especialista, se realizará la propuesta de ajuste hacia un monitoreo anual.	X	X	X	X		X		Informe semestral de monitoreo realizado por un especialista en la materia y anual a partir del 4to año de operación.		
		64	4. Identificar y señalar los sitios de muestreo en la zona de influencia y SAR del Proyecto, para evitar su afectación o remoción por terceros	X	X		X	X			Registro de las coordenadas de ubicación de los señalamientos y registro fotográfico. Cantidad de pláticas de sensibilización ambiental		
		65	5. Dar continuidad al monitoreo a partir de las metodologías empleadas en la LBA para evaluar su cambio en el tiempo.	X	X	X	X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia		
		66	4. Generar la información técnica para atender el cumplimiento de términos y condicionantes.	X	X	X	X	X	X		Reportes de la supervisión ambiental y comité externo a las acciones por etapa, así como, informes de monitoreo ambiental a los componentes comprometidos		
					Total	4	6	4	6	3	5	0	
		Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	

			P	C	OM	A	P	M	C	
SMF	67*	1. Realizar muestreos sistemáticos que posibiliten contar con datos cuantitativos de especies clave de fauna asociada con la zona del Proyecto.	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia
	68*	2. Realizar el muestreo semestral de la fauna en el área de influencia del Proyecto y SAR durante el proceso constructivo. Semestral durante los primeros tres años de operación. En el cuarto año de operación y con base con los resultados y recomendaciones reportadas por el especialista se analizará una propuesta de ajuste para monitoreo anual.	X	X	X	X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia
	69	3. Establecer los indicadores pertinentes de acuerdo con las características de las especies clave seleccionadas	X	X	X	X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia
	70*	4. Coadyuvar con la CONANP para obtener información sobre especies de flora y fauna silvestre en el SLN	X	X	X	X	X	X		Acuse de acuerdos y seguimiento de actividades
		Total	4	4	4	4	2	4	0	
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SMSLyBA	71*	1. Realizar muestreos sistemáticos en los sitios de muestreo determinados por el especialista, que posibiliten contar con datos cuantitativos en área de influencia y SAR del Proyecto, cuyos resultados serán integrados en un informe que se presentará a la autoridad para su conocimiento y seguimiento.	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia
	72*	2. Establecer e identificar los sitios de muestreo permanentes para la biota en el SAR.	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	73	3. Seleccionar indicadores pertinentes de acuerdo con las características de la biota acuática	X	X	X	X	X			Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	74	4. Monitoreo de las comunidades de necton y bentos en la zona de influencia y SAR del Proyecto (pastos marinos, peces, moluscos y esponjas).	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA

	75	5. Seguimiento a la presencia y distribución de especies de macrofauna en la zona de influencia y SAR del Proyecto.	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
		Total	5	5	5	5	5	4	0	
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SMFQA	76*	1. Realizar muestreos sistemáticos que posibiliten contar con datos cuantitativos de las características fisicoquímicas del agua.	X	X	X	X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	77	2. Establecer sitios de muestreo permanente para determinar la calidad del agua con base en los resultados del estudio técnico de caracterización.	X	X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	78	3. Realizar el muestreo trimestral del agua durante la etapa de construcción y semestral durante los primeros tres años de operación. En el cuarto año de operación y con base con los resultados y recomendaciones reportadas por el especialista, se evaluará la propuesta de ajuste hacia un monitoreo anual.		X	X	X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	79	4. Detectar cambios durante la construcción y operación del Proyecto que pudieran afectar el SAR.		X	X		X	X		Resultados con base en los informes de monitoreo, recomendaciones del especialista y acciones a seguir. Notificar a la autoridad si se requiere ajuste de medidas.
		Total	2	4	4	3	2	4	0	
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
			P	C	OM	A	P	M	C	
SMS	80	1. Realizar muestreos sistemáticos que posibiliten contar con datos cuantitativos de las características de los sedimentos.		X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
	81	2. Establecer sitios de muestreo permanente para determinar la textura y si hay un cambio significativo en el área de influencia y SAR del Proyecto.	X	X	X	X	X			Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA

	82	3. Durante la etapa de construcción se realizará de forma cuatrimestral y durante la etapa operativa de forma semestral, durante los primeros tres años. Al final de esta etapa, se evaluará una periodicidad anual si así lo considera el especialista.		X	X				X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA
		Total	1	3	3	2	2	2	0		
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
			P	C	OM	A	P	M	C		
SMHL	83	1. Hacer una evaluación en la ZII del Proyecto anual durante cinco años. Se ampliará el periodo y la periodicidad si así lo determina el especialista.		X	X	X	X	X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA	
	84	2. Establecer sitios de muestreo permanente para determinar la velocidad de la corriente y si ello deriva en una modificación en la acumulación de sedimentos o calidad del agua.		X	X	X	X			Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA	
		Total	0	2	2	2	2	1	0		
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
			P	C	OM	A	P	M	C		
SMILS	85	1. Determinar sitios de muestreo en función de los resultados del estudio de LBA en la vegetación terrestre y biota acuática en el caso de los pastos marinos.	X			X		X		Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA	
	86	2. Evaluar las variaciones de luz en la vegetación sobre la que se proyecte la sombra del puente, así como en sitios control fuera de esta para evaluar su condición y desarrollo.		X	X	X	X			Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA	
	87	3. Realizar el muestreo durante los periodos que se consideran clave en la cantidad de radiación que se recibe en la zona en diferentes horas del día, esto es, solsticio de primavera, otoño y cuando el sol se encuentra en el cenit, esto es entre julio y agosto.		X	X	X	X			Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA	
	88	4. Realizar un seguimiento e incluir los datos acompañados de un registro fotográfico que se integre en el informe de cumplimiento de términos y condicionantes.		X	X	X	X			Informe de monitoreo realizado por un especialista en la materia a partir del estudio de LBA	
		Total	1	3	3	4	3	1	0		

		Subtotal							17	27	25	26	19	21	0		
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador						
				P	C	OM	A	P	M	C							
PGS	SICA	89	1. Realizar talleres de capacitación con todos los actores involucrados en la (obra) durante la preparación, construcción, operación del proyecto y abandono, promoviendo una actitud responsable durante la ejecución de todas las actividades del Proyecto.	X	X	X	X	X	X							Cantidad de pláticas realizadas con los trabajadores de cada empresa participante, bitácora de asistencia, reporte periódico de la supervisión ambiental	
		90	2. Capacitar al personal de obra y responsables del Proyecto acerca de la aplicación y cumplimiento de la normatividad e instrumentos aplicables vigentes.	X	X	X	x	X	X							Cantidad de pláticas realizadas con los trabajadores de cada empresa participante, bitácora de asistencia, reporte periódico de la supervisión ambiental, listados de asistencia y en su caso comprobantes del aprendizaje adquirido.	
		91	3. Difundir e informar a todos los empleados durante el proceso constructivo, así como a los responsables operativos, acerca del manejo y uso sostenible de recursos, así como la prevención de problemas de contaminación ambiental con la finalidad de actuar de manera responsable y conservar el entorno.	X	X	X	x	X								Cantidad de pláticas, talleres u otras acciones por tema, realizadas con los trabajadores de cada empresa participante, bitácora de asistencia, reporte periódico de la supervisión ambiental	
		92	4. Diseñar e implementar un reglamento de actividades para los trabajadores.	X	X	X	X	X	X							Reglamento firmado por cada empresa participante en las obras o actividades del Proyecto	
				Total	4	4	4	4	4	3	0						
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador							
			P	C	OM	A	P	M	C								
SDA	93	1. Difundir por diferentes medios el Proyecto, las bases de su diseño, el cuidado ambiental que procura, enfocado hacia la población local para promover el cuidado ambiental durante el proceso constructivo, así como, durante la operación del mismo.	X	X	X		X								Acciones llevadas a cabo, registro fotográfico, video, infografías, posters, etc		

	94	2. Sensibilizar a la población local acerca de la conservación de los ecosistemas que se desarrollan en la región, así como, acciones para la prevención de problemas de contaminación ambiental, teniendo en cuenta que de manera directa o indirecta todas las personas que viven en la región se benefician del entorno natural.	X	X	X	X	X	X			Acciones llevadas a cabo, registro fotográfico, video, infografías, posters, programas de radio, comerciales televisivos, etc
		Total	2	2	2	1	2	1	0		
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
			P	C	OM	A	P	M	C		
SSA	95	1. Instalar señalamientos preventivos e informativos que serán colocados en los frentes de trabajo, las áreas de campamentos y vialidades principales. Se podrán cercar áreas si se considerase necesario.	X	X	X	X	X				Registro fotográfico de la colocación de señalamientos, registro de coordenadas y mantenimiento
	96	2. Colocar señalamientos preventivos e informativos sobre el puente y áreas de mayor tránsito próximas al Proyecto, con la finalidad de alertar a los usuarios del cuidado ambiental y su participación activa a favor de su cuidado y conservación.			X	X	X				Registro fotográfico de la colocación de señalamientos, registro de coordenadas y mantenimiento
		Total	1	1	2	2	2	0	0		
Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
			P	C	OM	A	P	M	C		
SGS	97	1.Llevar a cabo mesas de discusión sobre el Proyecto para aclaración de dudas	X	X			X	X			Bitácora de registro de pláticas y registro fotográfico
	98	2. Difundir en medios escritos, visuales y auditivos, las acciones de cuidado asociadas a las obras del Proyecto.	X	X	X		X				Convenios de colaboración, registro fotográfico o video
	99	3. Difundir las actividades de los diferentes frentes de trabajo teniendo en cuenta todas las medidas de prevención y afectación al entorno.	X	X		X	X				Cantidad de pláticas, talleres u otras acciones realizadas por tema , reporte periódico de la supervisión ambiental
	100	4.Reportar ante las autoridades correspondientes a quienes deliberadamente lleven a cabo acciones desde el puente que vayan en detrimento de la calidad ambiental.	X	X	X	X		X			Bitácora por evento

		101	5. Informar sobre el compromiso de la empresa, por el valor ecológico, social, económico y cultural de los ecosistemas y recursos naturales involucrados en el proyecto.	X	X	X	X	X				Cantidad de pláticas, talleres u otras acciones realizadas por tema
		102	Proponer elementos y conceptos en materia de sostenibilidad que fortalezcan al Proyecto en conjunto con los diferentes grupos de interés del proyecto	X	X	X	X	X				Cantidad de programas realizado con al menos un grupo de interés del Proyecto
			Total	6	6	4	4	5	2	0		
			Subtotal	13	13	12	11	13	6	0		
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
				P	C	OM	A	P	M	C		
PSACA	SSS	103	1. Contar con un área específica para primeros auxilios en caso de emergencia durante el proceso de preparación y construcción del Proyecto.	X	X		X	X				Plan de acciones a seguir en caso de emergencia, pláticas de difusión correspondiente, colocación del plan de acción en sitios estratégicos en los frentes de trabajo. Bitácora de registro por evento
		104	2. Contar con un manual de procedimientos en caso de contingencias ambientales que incluya las estrategias a seguir en caso de huracanes, sismos e incendios de manera que se prevengan accidentes en términos ambientales, de salud y de seguridad.	X	X	X	X	X				Manual de procedimientos para cada caso. Control de copias firmadas por empresa participante. Registro de pláticas dadas al personal de obra acerca del tema. Reporte por evento
		105	3. Equipar al personal de obra, con el equipo de seguridad necesario, de acuerdo con las acciones a realizar, que resulten visibles (chaleco, casco, botas, guantes, entre otros).		X		X	X				Registro fotográfico. Reporte de eventualidades
		106	4. Establecer límites de velocidad en tramos críticos de la vialidad				X	X				Señalización de individuos y registro y seguimiento en bitácora
		107	5. Implementar rutas seguras de navegación durante las actividades en el cuerpo de agua en coordinación con Capitanía de Puerto y Servicios Náuticos.		X	X	X	X				Acuse de acuerdos y seguimiento de actividades
		108	6. Delimitar y señalar por medio de boyas las áreas en donde se llevarán a cabo las actividades constructivas en el sistema lagunar.		X		X	X				Registro fotográfico

		109	7. Delimitar las áreas para operación de las embarcaciones y equipo		X		X	X				Registro fotográfico
		110	8. Colocación de cortinas o mallas antidispersión durante las actividades de perforación y excavación para el control de los sedimentos		X			X				Número de cortinas antidispersión colocadas
			Total	2	7	2	7	8	0	0		
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
				P	C	OM	A	P	M	C		
	SPMC	111	1. Colocar señalamientos visibles y claros en lugares adecuados que indiquen las rutas de evacuación y puntos de reunión.	X	X	X	X	X				Registro fotográfico
		112	2. Mantener las instalaciones y maquinaria en óptimo estado para evitar accidentes.	X	X	X	X	X				Bitácora de seguimiento
		113	3. Contar con un sistema de seguimiento de alerta temprana de fenómenos hidrometeorológicos.	X	X	X	X	X				Formato de atención y seguimiento interno. Bitácora de registro por evento
		114	4. Suspender los trabajos en caso de presentarse un fenómeno meteorológico que implique algún riesgo.	X	X	X	X	X				Bitácora de registro por evento
			Total	4	4	4	4	4	0	0		
			Subtotal	6	11	6	11	12	0	0		
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
				P	C	OM	A	P	M	C		
PRMAAM	SRMAM		Las que resulten								Las que resulten del Proyecto ejecutivo y estudios particulares.	
			Total	0	0	0	0	0	0	0		
			Subtotal	0	0	0	0	0	0	0		
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador	
				P	C	OM	A	P	M	C		
PVA	SVA	115	1. Conocer las obras y actividades del Proyecto autorizadas.	X	X	X	X	X			Contar con la lista de acciones y compromisos	
		116	2. Realizar de manera coordinada visitas de inspección al Proyecto con énfasis en las etapas de mayores impactos.	X	X	X	X	X			Reporte por evento	

		117	3. Hacer llegar a los responsables del proyecto, con copia a los integrantes del comité de vigilancia ambiental las observaciones del recorrido y la medida de atención.	X	X	X	X	X			Reporte por evento
		118	4. Verificar el cumplimiento de las medidas de atención correspondientes, ya sea de acuerdo al SGAS o propuestas adicionales.	X	X	X	X	X			Reporte por evento
		119	5. Reporte de resultados periódico entregado al responsable de realizar el informe de cumplimiento de términos y condicionantes de acuerdo con la periodicidad establecida.	X	X	X	X	X			Informe periódico
			Total	5	5	5	5	5	0	0	
			Subtotal	5	5	5	5	5	0	0	
Programa	Subprograma	No.	Medidas	ETAPA				Tipo			Parámetro o indicador
				P	C	OM	A	P	M	C	
PPRPM			Las que resulten								Las que resulten del Proyecto ejecutivo y estudios particulares.
			Total	0	0	0	0	0	0	0	
			Subtotal	0	0	0	0	0	0	0	
Total				78	114	86	95	91	71	10	

6.5 RELACIÓN ENTRE EL SGAS Y LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El 27 de septiembre de 2015, los 193 países que conforman la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y, como parte integrante de ella, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Dicha Agenda, integrada por 17 ODS, 169 metas y 230 indicadores específicos, da seguimiento y amplía los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), y es un plan de acción en favor de las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas. La relevancia de los ODS, que entraron en vigor el 1° de enero de 2016 y cuyo horizonte de cumplimiento concluye en el año 2030, radica, entre otros aspectos, en que su implementación y seguimiento buscará articular la discusión global y definir la agenda internacional del desarrollo en los próximos lustros, incluyendo, en buena medida, las prioridades de acción e inversión de instituciones multilaterales. Como instrumento de deliberación pública y de políticas, los ODS son importantes para México y América Latina, para las organizaciones ciudadanas, las empresas y las instituciones de Estado y de gobierno que, al haber aprobado los ODS, tendrán la responsabilidad de implementar sus metas y darle seguimiento³.

Difundir la Agenda 2030 y los ODS ante los diferentes sectores de la sociedad, específicamente ante gobiernos locales, iniciativa privada y sociedad civil, es una actividad primordial para sensibilizar a los actores clave del desarrollo y del contexto local, con el fin de que conozcan y comprendan los compromisos adquiridos a partir de la Agenda 2030 e identifiquen las oportunidades en las que pueden contribuir al logro de dichos objetivos.

LOS GOBIERNOS LOCALES, dada su cercanía con las personas, desempeñan un papel esencial para alcanzar las metas asociadas con los ODS; su posición les permite, por un lado, definir las necesidades y estrategias de acción, incorporando los intereses de toda la comunidad, y por otro, llevar a cabo los procesos de implementación de dichas estrategias, políticas y acciones. Además, los ODS tienen metas directa o indirectamente relacionadas con el trabajo cotidiano de estos gobiernos.

³ Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en México y América Latina: retos comunes para una agenda compartida. Aprendiendo del pasado preparándonos para el futuro. Senado de la República. Instituto Belisario Domínguez. 2017

LA SOCIEDAD CIVIL deberá tomar parte de manera integral en todo el ciclo de políticas públicas para la adopción y monitoreo de los ODS, específicamente desempeñando las siguientes funciones:

- Observación y generación de conocimientos
- Participación activa
- Vigilancia
- Fomento de alianzas

EN EL SECTOR PRIVADO, se espera que se lleve a cabo una transición del modelo tradicional de hacer negocios, en el que el principal énfasis son las ganancias, a un modelo sostenible, que ponga énfasis además de en las ganancias, también en el impacto sobre las personas y el medio ambiente

Por tal motivo el promovente del Proyecto adquiere como compromiso promover el desarrollo sostenible a través de la implementación de acciones que consideran las dimensiones de bienestar social y un medio ambiente saludable que están relacionados directamente con los programas y subprogramas del SGAS.

De los 17 ODS establecidos en la Agenda 2030, el promovente contribuirá con la implementación de 8 ODS (ODS 3, 6, 8, 11, 14, 15, 16 y 17), a través del cumplimiento de 100 medidas, distribuidas en los diferentes programas del SGAS de los cuales contribuyen directamente a alcanzar alguna meta de los diferentes ODS que están directamente relacionados con el bienestar ambiental y social (Figura 6. 12).

Figura 6. 12. Conexión de los ODS con programas del SGAS. Nota: Los cuadros de color verde están relacionadas con indicadores dirigidos al bienestar ambiental y los de color café están relacionadas con el bienestar social.









ODS	SUPERVISIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL	MANEJO INTEGRAL DE LA VEGETACIÓN	MANEJO INTEGRAL DE FAUNA	MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS	MONITOREO AMBIENTAL	MANEJO Y GESTIÓN SOCIAL	SEGURIDAD Y ATENCIÓN A CONTINGENCIAS AMBIENTALES	PROGRAMA DE REHABILITACIÓN HIDROECOLÓGICA	VIGILANCIA AMBIENTAL	PILOTO PARA LA RECUPERACIÓN DE PASTOS MARINOS
3 SALUD Y BIENESTAR										
6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO										
8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO										
11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES										
14 VIDA SUBMARINA										
15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES										
16 PAZ, JUSTICIA INSTITUCIONES SÓLIDAS										
17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS										









La implementación de las 119 medidas se ejecutará en las diferentes etapas del proyecto y ayudarán a alcanzarlas diferentes metas globales de los 8 ODS de la Agenda 2030. **Tabla 6.40**









Las medidas que se relacionan con los **ODS 6, 14 y 15**, atienden directamente problemáticas y objetivos relacionados con el medio ambiente. Aunque haya ciertos ODS específicamente relacionados con el medio ambiente, éste es un elemento transversal y uno de los pilares de la Agenda 2030 y, por tanto, tiene un papel importante también en la mayoría de los objetivos. Cabe mencionar que el **ODS 11** dedicado a lograr que las ciudades y los asentamientos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, pese a no estar incluido directamente en un objetivo directamente ambiental, contiene un componente ambiental muy amplio, ya que 6 de sus metas específicas hacen referencia al medio ambiente o están explícitamente destinadas a la protección ambiental. La buena salud es esencial para el desarrollo sostenible, y la Agenda 2030 refleja la complejidad y la interconexión de ambos, a través del **ODS 3** salud y bienestar y toma en cuenta la

ampliación de las desigualdades económicas y sociales, la rápida urbanización, las amenazas para el clima y el medio ambiente. Las medidas relacionadas con el **ODS 8** están encaminadas a contribuir a alcanzar las metas para un crecimiento económico inclusivo y sostenido que puede impulsar el progreso, crear empleos decentes para todos y mejorar los estándares de vida. Finalmente, las acciones relacionadas con los **ODS 16 y 17** contribuirán a crear instituciones eficaces y transparentes que rindan cuentas estableciendo alianzas inclusivas (a nivel mundial, regional, nacional y local) sobre principios y valores, así como sobre una visión y unos objetivos compartidos que se centren primero en las personas y el planeta.

Tabla 6.40. Conexión de las medidas del SGAS con los ODS.







Programa	Sub	No.	Medidas	ETAPA			ODS							
				P	C	OM								
							3	6	8	11	14	15	16	17
PSGA	SSGA	1	1. Ejecutar el Sistema de Manejo Adaptativo y Gestión Ambiental	X	X	X							✓	✓
		2	2. Evitar la quema de vegetación o basura, así como de acciones que puedan provocar incendios forestales.	X		X						✓		
		3	3. Reforestar con vegetación nativa las áreas impactadas por las obras temporales del Proyecto.		X	X						✓		
		4	4. Verificar que el Proyecto cumpla los compromisos derivados de la gestión entre dependencias.		X	X							✓	✓
		5	5. Implementar buenas prácticas ambientales para la conservación de la flora y fauna, el manejo integral de residuos y el manejo responsable del agua.	X	X	X						✓		
		6	6. Verificar el programa de obra comprometido por el proyecto y los parámetros de modificación y aprovechamiento autorizados.	X	X	X							✓	✓
		7	7. Supervisar la implementación por etapa de las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales		X	X							✓	✓
		8	8. Coadyuvar con la CONANP en el programa de inspección y vigilancia	X	X	X						✓	✓	✓

Programa	Sub	No.	Medidas	ETAPA			ODS							
				P	C	OM								
							3	6	8	11	14	15	16	17
	SCA	9	1. Supervisar el cumplimiento en tiempo y forma de los compromisos ambientales adquiridos por el promotor del Proyecto en la MIA-R y en la resolución correspondiente.	X	X	X							✓	✓
		10*	2. Verificar que las medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales adicionales o ajustadas se integren en el SGAS.	X	X	X							✓	✓
		11	3. Supervisar del cumplimiento de las obligaciones ambientales por parte de todos los involucrados en el desarrollo del proyecto.	X	X	X							✓	✓
		12	4. Verificar que los cambios de uso de suelo debidos al proyecto se den de acuerdo al programa de obra comprometido y a los parámetros de modificación y aprovechamientos autorizados.	X	X							✓		
PMIV	SMAC	13	1. Reforestar con vegetación nativa y propia del área, las áreas que fueron ocupadas por obras temporales del Proyecto			X				✓		✓		
		14	2. Señalización de las áreas de conservación del proyecto.	X	X					✓				
		15	3. Control y erradicación de especies exóticas invasoras.	X	X	X						✓		
		16*	4. Inspección y mantenimiento de las áreas de conservación asociadas con la ZID del Proyecto.		X	X						✓		
		17*	5. Podar o dirigir el desarrollo de algunas ramas y troncos en donde sea posible para evitar la remoción total del individuo.	X	X	X						✓		
		18	6. Colocar señalización restrictiva en áreas próximas al cuerpo lagunar		X	X						✓		
	SRMV	19	1. Instalación de un vivero temporal para el mantenimiento de las especies terrestres.	X								✓		
		20	2. Realizar las actividades de remoción de vegetación de forma ordenada, conforme el avance de la obra y en el área mínima de afectación.		X							✓		






Programa	Sub	No.	Medidas	ETAPA			ODS							
							3	6	8	11	14	15	16	17
				P	C	OM								
		21*	3. Rescate de plantas nativas y traslado al vivero del proyecto para su mantenimiento y posterior trasplante.		X							✓		
		22	4. Registrar los individuos rescatados y su seguimiento en vivero hasta su reubicación.		X	X						✓		
		23*	5. Acopio del suelo retirado por las labores de desmonte para ser utilizarlo como sustrato para las plantas del vivero temporal o para reincorporan a las áreas a reforestar.		X	X						✓		
		24	6. Habilitar los insumos necesarios para el mantenimiento de las plantas en el vivero (agua, bomba, mangueras, contenedores para agua)		X	X						✓		
		25	7. Disponer de los residuos sólidos y material producto de las excavaciones en zonas fuera del manglar.		X	X			✓			✓		
		26*	8. Trasplantar y propagar individuos de especies representativas de los ecosistemas afectados por el desarrollo del proyecto, en especial aquellas en alguna categoría de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010, que se encuentren en las áreas de aprovechamiento		X	X						✓		
		27	9. Incorporación del material vegetal triturado producto del desmonte a la vegetación en el vivero y áreas temporales a reforestar.		X	X						✓		
	SRAAT	28*	1. Evitar la quema de vegetación o basura, así como de acciones que puedan provocar incendios forestales.	X	X	X						✓		
		29*	2. Reforestar las áreas de aprovechamiento temporal con vegetación nativa.		X	X						✓		
		30*	3. Reforestación de otras áreas próximas a la zona de influencia del proyecto o del SAR que mejoren la estructura de la vegetación.		X	X						✓		
		31*	4. Dar mantenimiento periódico a la vegetación por un periodo de tres años hasta que puedan mantenerse de forma natural con el riesgo estacional		X	X						✓		
		32	5. Llevar un registro en bitácora de la especie, condición y ubicación.		X	X						✓		









Programa	Sub	No.	Medidas	ETAPA			ODS								
				P	C	OM									
							3	6	8	11	14	15	16	17	
PMIF	SMRF	33	1. Reubicar a los ejemplares de fauna terrestre que se encuentren en áreas de aprovechamiento del proyecto y reubicarlos en zonas de conservación	X	X	X						✓			
		34	2. Colectar a los ejemplares de biota marina que se encuentren en áreas de aprovechamiento del proyecto y reubicarlos en áreas de conservación.	X	X					✓					
		35	3. Registrar la especie, coordenadas geográficas, fecha de rescate, nombre científico, número de registro y lugar de reubicación en la bitácora de rescate de fauna del proyecto.		X	X						✓			
		36	4. La iluminación del Proyecto será dirigida hacia la superficie de rodamiento y no hacia afuera	X	X	X						✓			
		37	5. Habilitar pasos de fauna en los caminos temporales	X	X							✓			
		38	6. Coadyuvar con la CONANP para apoyar las actividades de monitoreo de cocodrilos en el SLN, como especie necesaria para mantener el equilibrio en el sistema.	X	X	X					✓			✓	
	SCFyFIT	39	1. Capturar la fauna feral que se identifique en la zona de influencia del Proyecto.	X	X							✓			
		40	2. Coordinar con el Municipio las acciones para el resguardo y destino de la fauna feral para su control.	X	X							✓			
		41	3. Reubicar la fauna de importancia médica a zonas de conservación. De ser necesario, en coordinación con la PROFEPA se buscará el resguardo y protección de especies silvestres incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	X	X	X						✓			
PMIR	SRSUyME	42	1. Uso de redes para contener residuos sólidos que pudieran caer de la estructura en construcción o ser dispersados por el viento hacia el cuerpo de agua o la vegetación.	X	X					✓	✓				
		43	2. Establecer depósitos para el acopio de los residuos de obra.	X	X				✓		✓				









Programa	Sub	No.	Medidas	ETAPA			ODS							
				P	C	OM								
							3	6	8	11	14	15	16	17
		44*	3. Separación adecuada de los residuos sólidos para su posterior reutilización y reciclaje en contenedores específicos, debidamente rotulados y colocados estratégicamente cerca de las fuentes de generación	X	X	X				✓		✓		
		45	4. Acopiar los residuos en contenedores apropiados con tapa	X	X	X				✓		✓		
		46*	5. Entregar los residuos sólidos reciclables a empresas debidamente autorizadas para su traslado o durante las campañas mensuales del Reciclaje en el municipio Benito Juárez.	X	X					✓		✓		
		47	6. Entregar los residuos inorgánicos no reciclables a los vehículos recolectores del ayuntamiento para su traslado al relleno sanitario.	X	X					✓		✓		
		48	7. Disponer los residuos de manejo especial que se generen durante la obra de manera temporal en sitios determinados para este fin para El Proyecto.		X	X				✓		✓		
		49	8. Implementar puntos limpios para el lavado de ollas en sitios autorizados fuera del SLN.		X					✓		✓		
		50	9. Humedecer y cubrir con material textil o plástico los polvos usados en el proceso constructivo para reducir su dispersión.	X	X		✓			✓				
		51	10. Realizar la disposición final de los residuos de manejo especial en los sitios autorizados y determinados por la autoridad.		X	X				✓		✓		
	SRLS	52	1. Instalación de sanitarios portátiles a razón de uno por cada 15 trabajadores.	X	X		✓	✓		✓				
		53	2. Mantener en óptimas condiciones los sanitarios portátiles.	X	X		✓	✓		✓				
		54	3. Contratar empresas especializadas y debidamente acreditadas para el transporte y disposición final de los residuos líquidos.	X	X	X		✓		✓				
		55	4. Equipar los patios de almacenamiento de material con canales para contener residuos	X	X					✓				









Programa	Sub	No.	Medidas	ETAPA			ODS								
							P	C	OM						
							3	6	8	11	14	15	16	17	
	SRP	56	5. Los materiales que puedan generar residuos que sean arrastrados por la lluvia, serán cubiertos con una malla para evitar su llegada al cuerpo de agua.	X	X			✓		✓	✓	✓			
		57*	1. No hacer uso de herbicidas o agroquímicos en las operaciones de desmote y limpieza del sitio.		X			✓				✓			
		58	2. Almacenar temporalmente los residuos peligrosos en un área adecuada y conforme a lo establecido en la LGPEGIR, por tipo y debidamente rotulados los contenedores.	X	X					✓					
		59	3. Contar con equipo y material apropiado para atender contingencias (derrames de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas en suelo o agua).	X	X	X				✓	✓	✓			
		60	4. Contratar empresas especializadas y debidamente acreditadas ante la SEMARNAT para el transporte y disposición final de los residuos peligrosos.	X	X	X				✓					
PMA	SMV	61	1. Establecer puntos de muestreo permanentes en las áreas de conservación del proyecto para el registro periódico de sus condiciones antes de iniciar la etapa de construcción del proyecto y durante la vida útil del mismo.		X							✓			
		62	2. Coadyuvar con la CONANP para el monitoreo de los efectos del CCG en el SLN									✓		✓	
		63*	3. Muestreo semestral de la vegetación terrestre durante el proceso constructivo. Semestral durante los primeros tres años de operación. En el cuarto año de operación y con base con los resultados y recomendaciones reportadas por el especialista, se realizará la propuesta de ajuste hacia un monitoreo anual.	X	X	X							✓		
		64	4. Identificar y señalar los sitios de muestreo en la zona de influencia y SAR del Proyecto, para evitar su afectación o remoción por terceros	X	X								✓		
		65	5. Dar continuidad al monitoreo a partir de las metodologías empleadas	X	X	X							✓		

Programa	Sub	No.	Medidas	ETAPA			ODS							
							3	6	8	11	14	15	16	17
				P	C	OM								
			en la LBA para evaluar su cambio en el tiempo.											
		66	6. Generar la información técnica para atender el cumplimiento de términos y condicionantes.	X	X	X							✓	
	SMF	67*	1. Realizar muestreos sistemáticos que posibiliten contar con datos cuantitativos de especies clave de fauna asociada con la zona del Proyecto.	X	X	X							✓	
		68*	2. Realizar el muestreo semestral de la fauna en el área de influencia del Proyecto y SAR durante el proceso constructivo. Semestral durante los primeros tres años de operación. En el cuarto año de operación y con base con los resultados y recomendaciones reportadas por el especialista se analizará una propuesta de ajuste para monitoreo anual.	X	X	X							✓	
		69	3. Establecer los indicadores pertinentes de acuerdo con las características de las especies clave seleccionadas	X	X	X							✓	
		70*	4. Coadyuvar con la CONANP para obtener información sobre especies de flora y fauna silvestre en el SLN										✓	✓
		71*	1. Realizar muestreos sistemáticos que posibiliten contar con datos cuantitativos en área de influencia y SAR del Proyecto.	X	X	X							✓	
	SMSLyBA	72*	2. Establecer e identificar los sitios de muestreo permanentes para la biota en el SAR.	X	X	X							✓	
		73	3. Seleccionar indicadores pertinentes de acuerdo con las características de la biota acuática	X	X	X							✓	
		74	4. Monitoreo de las comunidades de necton y bentos en la zona de influencia y SAR del Proyecto (pastos marinos, peces, moluscos y esponjas).	X	X	X							✓	
		75	5. Seguimiento a la presencia y distribución de especies de macrofauna en la zona de influencia y SAR del Proyecto.	X	X	X							✓	

Programa	Sub	No.	Medidas	ETAPA			ODS									
				P	C	OM										
							3	6	8	11	14	15	16	17		
	SMFQA	76*	1. Realizar muestreos sistemáticos que posibilite contar con datos cuantitativos de las características fisicoquímicas del agua.		X	X		✓					✓			
		77	2. Establecer sitios de muestreo permanente para determinar la calidad del agua con base en los resultados del estudio técnico de caracterización.	X	X	X		✓					✓			
		78	3. Realizar el muestreo trimestral del agua durante la etapa de construcción y semestral durante los primeros tres años de operación. En el cuarto año de operación y con base con los resultados y recomendaciones reportadas por el especialista, se evaluará la propuesta de ajuste hacia un monitoreo anual.		X	X			✓					✓		
		79	Detectar cambios durante la construcción, operación del Proyecto que pudieran afectar el SAR.		X	X			✓					✓		
	SMS	80	1. Realizar muestreos sistemáticos que permitan contar con datos cuantitativos de las características de los sedimentos.		X	X			✓					✓		
		81	2. Establecer sitios de muestreo permanente para determinar la textura y si hay un cambio significativo en el área de influencia y SAR del Proyecto.	X	X	X			✓					✓		
		82	3. Durante la etapa de construcción se realizará de forma cuatrimestral y en operación de forma semestral durante los primeros tres años. Al final de esta etapa, se evaluará una periodicidad anual si así lo considera el especialista.		X	X			✓					✓		
	SMHL	83	1. Hacer una evaluación en la ZII del Proyecto anual durante cinco años. Se ampliará el periodo y la periodicidad si así lo determina el especialista.		X	X			✓					✓		
		84	2. Establecer sitios de muestreo permanente para determinar la velocidad de la corriente y si ello deriva en una modificación en la acumulación de sedimentos o calidad del agua.		X	X			✓					✓		

Programa	Sub	No.	Medidas	ETAPA			ODS							
				P	C	OM								
							3	6	8	11	14	15	16	17
SMILS		85	1. Determinar sitios de muestreo en función de los resultados del estudio de LBA en la vegetación terrestre y y biota acuática en el caso de los pastos marinos.	X							✓			
		86	2. Evaluar las variaciones de luz en la vegetación sobre la que se proyecte la sombra del puente, así como en sitios control fuera de esta para evaluar su condición y desarrollo.		X	X						✓		
		87	3. Realizar el muestreo durante los periodos que se consideran clave en la cantidad de radiación que se recibe en la zona en diferentes horas del día, esto es, solsticio de primavera, otoño y cuando el sol se encuentra en el cenit, esto es entre julio y agosto.		X	X						✓		
		88	4. Realizar un seguimiento e incluir los datos acompañados de un registro fotográfico que se integre en el informe de cumplimiento de términos y condicionantes.		X	X						✓		
PGS	SICA	89	1. Realizar talleres de capacitación con todos los actores involucrados en la (obra) durante la preparación, construcción y operación del proyecto, promoviendo una actitud responsable durante la ejecución de todas las actividades del Proyecto.	X	X	X							✓	
		90	2. Capacitar al personal de obra y responsables del Proyecto acerca de la aplicación y cumplimiento de la normatividad e instrumentos aplicables vigentes.	X	X	X							✓	
		91	3. Difundir e informar a todos los empleados durante el proceso constructivo, así como a los responsables operativos, acerca del manejo y uso sostenible de recursos, así como la prevención de problemas de contaminación ambiental con la finalidad de actuar de manera responsable y conservar el entorno.	X	X	X							✓	

Programa	Sub	No.	Medidas	ETAPA			ODS							
				P	C	OM								
							3	6	8	11	14	15	16	17
		92	4. Diseñar e implementar un reglamento de actividades para los trabajadores.	X	X	X			✓					
	SDA	93	1. Difundir por diferentes medios el Proyecto, las bases de su diseño, el cuidado ambiental que procura, enfocado hacia la población local para promover el cuidado ambiental durante el proceso constructivo, así como, durante la operación del mismo, cuando la población sean usuarios.	X	X	X							✓	✓
94		2. Sensibilizar a la población local acerca de la conservación de los ecosistemas que se desarrollan en la región, así como, acciones para la prevención de problemas de contaminación ambiental.	X	X	X							✓		
	SSA	95	1. Instalar señalamientos preventivos e informativos que serán colocados en los frentes de trabajo, las áreas de campamentos y vialidades principales.	X	X	X				✓				
96		2. Colocar señalamientos preventivos e informativos sobre el puente y áreas de mayor tránsito próximas al Proyecto, con la finalidad de alertar a los usuarios del cuidado ambiental.			X				✓					
	SGS	97	1. Llevar a cabo mesas de discusión sobre el Proyecto para aclaración de dudas	X	X								✓	✓
98		2. Difundir en medios escritos, visuales y auditivos, las acciones de cuidado asociadas a las obras del Proyecto.	X	X	X								✓	✓
99		3. Difundir las actividades de los diferentes frentes de trabajo teniendo en cuenta todas las medidas de prevención de afectación al entorno.	X	X									✓	✓
100		4. Sancionar a quienes deliberadamente lleven a cabo acciones desde el puente que vayan en detrimento de la calidad ambiental.	X	X	X				✓				✓	
101		5. Informar sobre el compromiso de la empresa, por el valor ecológico, social, económico y cultural de los ecosistemas y recursos naturales involucrados en el proyecto.	X	X	X								✓	✓

Programa	Sub	No.	Medidas	ETAPA			ODS							
				P	C	OM								
							3	6	8	11	14	15	16	17
		114	4. Suspender los trabajos en caso de presentarse un fenómeno meteorológico que implique algún riesgo.	X	X	X	✓			✓				
PVA	SVA	115	1. Conocer las obras y actividades del Proyecto autorizadas.	X	X	X	✓		✓	✓			✓	✓
		116	2. Realizar de manera coordinada visitas de inspección al Proyecto con énfasis en las etapas de mayores impactos.	X	X	X			✓				✓	✓
		117	3. Hacer llegar a los responsables del proyecto, con copia a los integrantes del comité de vigilancia ambiental las observaciones del recorrido y la medida de atención.	X	X	X							✓	✓
		118	4. Verificar el cumplimiento de las medidas de atención correspondientes, ya sea de acuerdo al SGAS o propuestas adicionales.	X	X	X					✓	✓	✓	
		119	5. Reporte de resultados periódico entregado al responsable de realizar el informe de cumplimiento de términos y condicionantes de acuerdo con la periodicidad establecida.	X	X	X						✓		
PRMAAM	SRMAM		Las que resulten								✓			
	PPRP M		Las que resulten							✓				

6.6 CONCLUSIONES DEL SGAS

A lo largo del presente capítulo se ha mostrado como el Proyecto, a través de su Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS) implementará medidas preventivas, de mitigación y compensación necesarias, adecuadas y suficientes para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente que pudiera ocasionar su desarrollo, pues atiende a los impactos identificados para el proyecto en el capítulo 5 de esta MIA-R.

De este modo es posible afirmar que el proyecto cumple con lo establecido en el Artículo 30 de la LGEEPA referente al contenido que debe de tener una Manifestación de Impacto Ambiental. Aunado a la observancia de dicho artículo, el diseño y futura implementación

del SGAS en caso de resultar autorizado el Proyecto, representa un compromiso de garantía para la atención y mitigación adecuada de los impactos ambientales esperados con la construcción y operación del proyecto, otorgándole la viabilidad ambiental necesaria en cada una de las etapas de su implementación.

Con las medidas propuestas en el presente capítulo, queda de manifiesto que el proyecto se apega a la legislación ambiental vigente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, además de que demuestra que es ambiental y legalmente viable.



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



CAPÍTULO 7

PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

CAPÍTULO 7. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

7.1 INTRODUCCIÓN

La fracción VII Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, señala que se debe analizar el efecto que tendrá la implementación del Proyecto en el Sistema Ambiental Regional (SAR), considerando los impactos ambientales que se pudieran generar (Capítulo 5), así como el efecto que tendrán las medidas de mitigación y compensación propuestas (Capítulo 7).

Con base en lo anterior, en este capítulo se presenta un pronóstico ambiental de lo que resultará la implementación del Proyecto en el SAR (definido en el Capítulo 4) en el que se vea reflejado el efecto de las obras y actividades a desarrollar y como las medidas de mitigación y compensación actuarán sobre los impactos ambientales identificados en el Capítulo 5. A lo largo de este capítulo se presenta:

- a) Un análisis retrospectivo del escenario ambiental del sitio.
- b) Descripción del escenario ambiental actual del sitio sin proyecto, que retoma el diagnóstico ambiental presentado en el Capítulo 4.
- c) Descripción del proyecto con los impactos ambientales que éste generará.
- d) Pronóstico del escenario ambiental con la implementación del proyecto.
- e) Evaluación de alternativas.
- f) Programa de vigilancia ambiental que retoma lo establecido en el Capítulo 6 (MIA-R).

De este modo es posible afirmar que la propuesta del Proyecto es ecológicamente viable pues es congruente con:

- La conservación y uso sostenible de los ecosistemas y recursos naturales del terreno y la región,
- El cumplimiento de todos los instrumentos legales y normativos aplicables,
- La generación de un proyecto ambiental, legal y arquitectónicamente sustentable,
- La integración del proyecto al paisaje y el medio ambiente,
- La generación de oferta a un segmento de mercado sensible a escenarios turísticos de alta calidad ambiental y respeto a la naturaleza y
- La generación de beneficios sociales y económicos para la población local y de la región,
- El impulso de la economía local mejorando la movilidad y generando de empleos.

Por lo anterior y como complemento a lo que se dispone en la normatividad ambiental, en el presente capítulo se presenta un pronóstico ambiental basado en modelos conceptuales de escenarios regionales (retrospectivo, actual y futuro (con y sin proyecto), con el objeto de determinar la influencia del proyecto en la región o Sistema Ambiental Regional de interés (SAR).

Es importante mencionar que estos análisis se fundamentan principalmente en las herramientas e instrumentos jurídicos, de planeación y ordenamiento del territorio que aplican a la zona; así como también en los diversos estudios realizados y plasmados en el presente MIA-R, para describir los posibles escenarios esperados en el SAR, con la implementación del Proyecto. Al respecto es importante resaltar que, estos escenarios son cambiantes a lo largo del tiempo, por lo que podría esperarse ciertas modificaciones de los pronósticos presentados en este capítulo, es decir, dada la volatilidad de las políticas públicas y de los instrumentos de ordenación y planeación de desarrollo, cualquier expectativa fundamentada en la factibilidad de desarrollo sustentable puede ser modificada conforme los intereses de las poblaciones o administraciones.

De manera general y con base en los análisis realizados, es posible afirmar que la implementación del Proyecto en el marco del SAR, no compromete la existencia, estructura y función de los ecosistemas y recursos naturales involucrados, debido que se ubica fuera de ecosistemas críticos y ha sido diseñado mediante el análisis de procesos ambientales relacionados con los procesos constructivos y de diseño; aunado a lo anterior, se ha propuesto un Sistema de Manejo Adaptativo y Gestión Sostenible del Puente Vehicular Nichupté que permite dar el seguimiento adecuado.

Es importante resaltar que, el planteamiento del pronóstico ambiental y el diseño de los escenarios actuales y futuros (alternativa 0 (sin el Proyecto) y alternativa viable (con el Proyecto)) antes mencionados, tomó en cuenta los estudios de caracterización, diagnóstico y zonificación ambiental del que sentó las bases del proceso de planificación, bajo los siguientes criterios:

- i. Delimitación y descripción del SAR y de sus componentes ambientales, en los cuales se inserta el Proyecto (Capítulo 4).
- ii. Análisis y cumplimiento de disposiciones jurídicas de observancia obligatoria en materia ambiental (Capítulo 3).
- iii. Grado de conservación y preservación de ecosistemas y sus funciones ambientales, en donde destaca la presencia de humedales (Capítulo 4).
- iv. Grado de conservación de las especies faunísticas presentes en el SAR (Capítulo 4).
- v. Superficies de 1.61 ha de afectación directa permanente planteadas por el Proyecto (Capítulo 2).
- vi. Reforestación de los 23,602.28 m² (2.36 ha) utilizados como área de afectación temporal. Esto dentro del marco del Subprograma de Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal (SRAAT).

- vii. Rehabilitación de una superficie de 306.6 ha de humedales dentro del Sistema Ambiental Regional en coordinación con la CONANP dentro del marco del “Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar” (PRMAAM) (Capítulo 4).
- viii. Ubicación de infraestructura fuera de las zonas con restricciones legales-ambientales (Capítulos 2 y 3).
- ix. Implementación de estrategias de análisis, vigilancia, seguimiento y mejoramiento de las condiciones ambientales a través de un Sistema de Manejo Adaptativo y Gestión Sostenible (Capítulo 7).

7.2 BASES LEGALES DEL PROYECTO

Todos los elementos de información textual y figuras que aquí se presentan de manera mínima y sintética están descritos a detalle en los capítulos 3, 4 y 6, así como en los diferentes anexos que componen esta MIA-R. Se incluye tanto el análisis de congruencia del Proyecto con los instrumentos jurídicos y herramientas de ordenamiento ecológico aplicables, así como la normatividad y legislación específica del caso.

En esta secuencia de textos y figuras no están incluidos todos los elementos de planeación e instrumentos de política ambiental que son analizados en los capítulos referidos, en términos de su aplicación al caso y de la congruencia del proyecto con los mismos, ya que en esta sección se busca solo mostrar los principales elementos que fundamentan específicamente la viabilidad legal del Proyecto y que determinaron en mayor grado la necesidad de que su sembrado fuese sobre bases de sostenibilidad ambiental.

7.1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) tiene por objeto llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la Nación ejerce su soberanía, identificando áreas de atención prioritaria en materia ambiental, teniendo como objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para promover, la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal.

El POETG clasifica al país en 80 Regiones Ecológicas y 145 Unidades Ambientales Biofísicas (“UAB”) que han sido generadas y regionalizadas conforme a cuatro criterios: (i) clima, (ii) relieve, (iii) vegetación, y (iv) suelo.

Bajo ese tenor y debido a la ubicación geográfica del Proyecto, éste se encuentra localizado dentro de la Región Ecológica número 17.33 y la UAB número 62 denominada **Karst de Yucatán y Quintana Roo**, como se puede apreciar en la Figura 7. 1 y Tabla 7. 1.

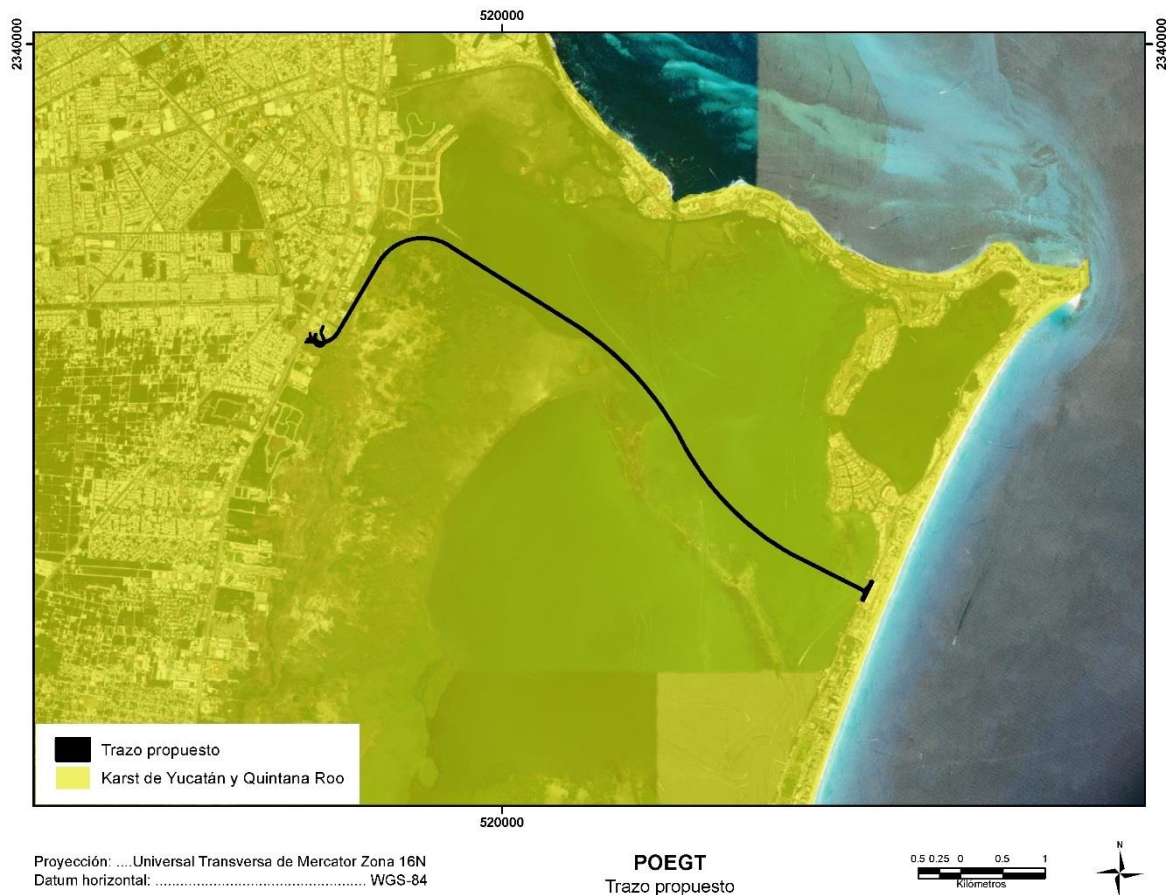
Es importante destacar que el diagnóstico del POEGT para esta UAB fue realizado en el año 2008, momento en el que se consideraba inestable y representaba un conflicto sectorial importante, proyectando un escenario ambiental para el año 2033 de inestable a crítico. Además, el POEGT señala que la política ambiental aplicable a esta región y UAB es Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable y su prioridad de atención alta.

Las características de la UAB 62 se describen en la tabla a continuación.

Tabla 7. 1. Señala las estrategias de la Unidad Ambiental Biofísica 62 (POEGT)

U A B	Nombre de la UBA	Rectores de Desarrollo	Coadyuvantes del Desarrollo	Asociados del Desarrollo	Otros sectores de interés	Política Ambiental	Nivel de atención prioritaria	Estrategias
62	Karst de Yucatán y Quintana Roo.	Preservación de Flora y Fauna	Desarrollo Social-Forestal	Agricultura - Ganadería	Pueblos Indígenas	Restauración, protección y aprovechamiento sustentable	Alta	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44.

Figura 7. 1 Ubicación del proyecto con respecto al POEGT



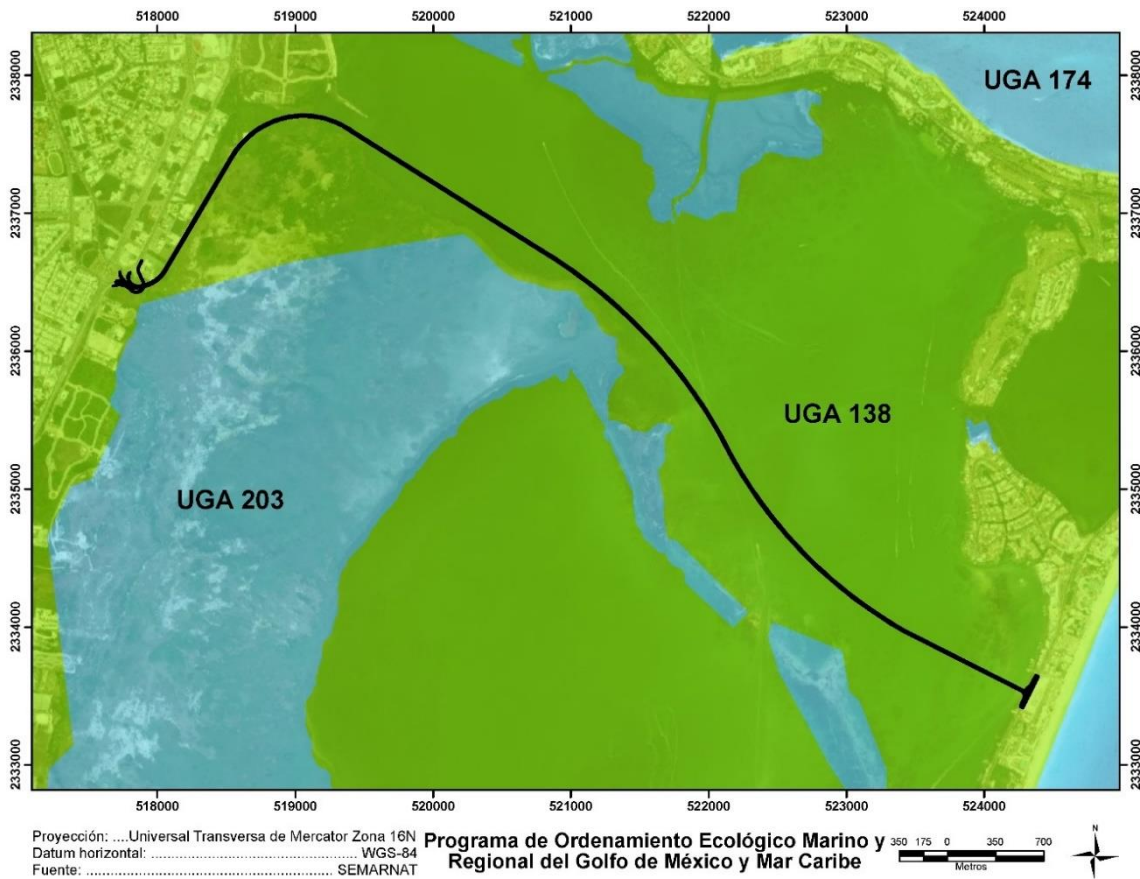
7.1.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMMyMC)

El día 24 de noviembre del año 2012, se publicó el acuerdo por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, en adelante “POEMyRGMMyMC” y se da a conocer la parte regional del propio Programa. Dicho Programa divide al territorio en Unidades de Gestión Ambiental (UGA) y sus criterios aplicables.

El POEMyRGMMyMC es el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

EL POEMyRGMMyMC identifica, orienta y enlaza las políticas, programas, proyectos y acciones de la administración pública que contribuyan a lograr las metas regionales que en él se plantean y optimizar el uso de los recursos públicos de acuerdo con la aptitud del territorio. Se puede entender que este instrumento no tiene como objetivo autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades productivas, sino orientar en sus proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región (Figura 7. 2).

Figura 7. 2 Ubicación del proyecto respecto al POEMyRGMMyMC



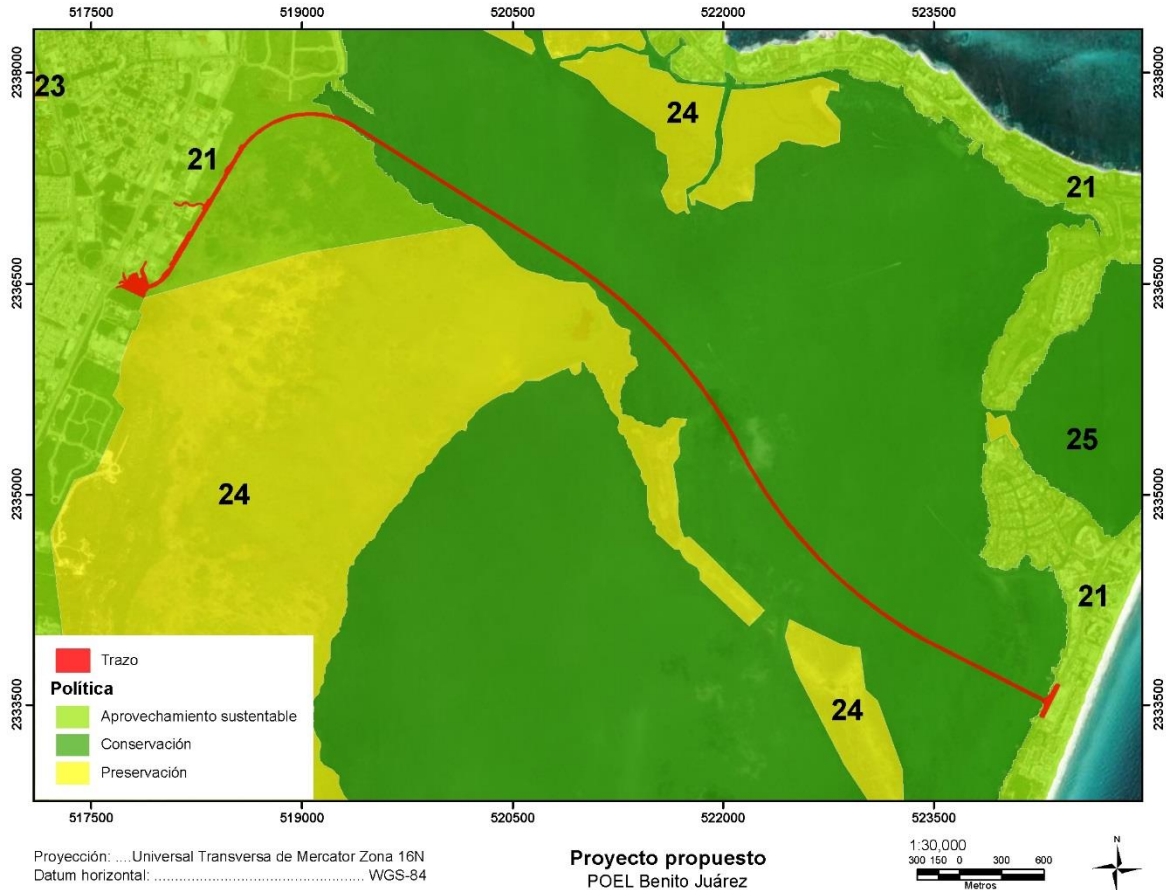
7.1.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez

Publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 20 de julio de 2005 y modificado el 27 de febrero de 2014, el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (POEL BJ) sitúa al Proyecto dentro de las siguientes Unidades de Gestión Ambiental:

- **UGA 25** con el nombre “**Sistema Lagunar Nichupté**”. Esta zona tiene una Política Ambiental de **Conservación**. Esto se define en el glosario como “*La permanencia de los elementos de la naturaleza, lograda mediante la planeación del desarrollo sustentable, a fin de asegurar, para las generaciones presentes y futuras, un ambiente propicio para su desarrollo y los recursos naturales que les permitan satisfacer sus necesidades*”.
- **UGA 21** correspondiente a la **Zona Urbana de Cancún**. Esta UGA tiene una política ambiental de **Aprovechamiento Sustentable**, cuyo objetivo, como su nombre lo

indica, es regular el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en las zonas de reserva para el crecimiento urbano, dentro de los límites del centro de población, con el fin de mantener los ecosistemas relevantes y en el mejor estado posible, así como los bienes y servicios ambientales que provee la zona, previo al desarrollo urbano futuro. **Los parámetros de aprovechamiento se remiten a lo establecido en el Programa de Desarrollo Urbano vigente** (Figura 7. 3).

Figura 7. 3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez



7.2 PLANES Y PROGRAMAS DE DESARROLLO

Los planes y programas de desarrollo funcionan como herramientas de participación ciudadana, donde por disposición constitucional deben recopilarse a través de diferentes medios, las demandas y aspiraciones de los diversos sectores sociales y por otra parte también sirven como guía de mandato para los gobiernos del ámbito federal, estatal y local, toda vez que constituyen las directrices que encauzarán las acciones de los gobernantes durante su periodo de gobierno.

En relación a lo anterior, los planes y programas de planeación, si bien representan acciones de índole programática o planeación para la autoridad competente, es decir, para los gobiernos de los tres órdenes, conforme a lo establecido en las propias Leyes de Planeación; se puede afirmar que el Proyecto es congruente con los planes y programas de desarrollo que le aplican, tal y como se demuestra en este capítulo.

De conformidad con lo anterior, se presenta a continuación la vinculación del proyecto con los planes y programas de desarrollo vigentes y en ejecución, de la nación, el estado de Quintana Roo y del municipio de Benito Juárez, esto con el propósito de demostrar la compatibilidad de las obras y actividades que se proponen con estos instrumentos, y específicamente respecto a los temas relacionados con el medio ambiente, el desarrollo de la entidad y del turismo como actividad productiva (Figura 7. 4 y Figura 7. 5).

7.2.1 Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez

No.	Regulación Aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
1.	<p>Los proyectos estratégicos generarán un impacto urbano en su zona de influencia por lo que requieren ser planificados bajo una visión integral que garantice su desarrollo y revitalización urbana y ambiental; protegiendo y fomentando el espacio público, a través de la intervención gubernamental y privada por lo que, bajo un esquema público- privado se podrán trabajar los siguientes proyectos estratégicos bajo este esquema:</p> <p>(...) Puente Nichupté. (...)</p> <p>En el área de influencia de estos proyectos se podrán determinar polígonos de actuación los que podrán desarrollarse, operarse e implementarse a través de “Sistemas de Actuación de Acción Urbanística Público – Privada”; en estos polígonos podrá realizarse un Programa Parcial o Plan Maestro permita la mezcla de Usos de Suelo, que sean compatibles con los usos del “Proyecto Estratégico”, con el propósito de ordenar el espacio. Lo anterior con la finalidad de integrar el área al entorno, implementando de manera conjunta proyectos comerciales y de servicios y de impulso a la vivienda. Cumpliendo con objetivos de funcionalidad, fomento económico, seguridad pública e imagen urbana.</p>	<p>SE CUMPLE</p> <p>El Proyecto contempla la ejecución de un Polígono de Actuación bajo una visión integral que garantice su desarrollo y revitalización urbana y ambiental; protegiendo y fomentando el espacio público, a través de la intervención gubernamental y privada; mediante el cual se asegure la compatibilidad del uso de suelo de los predios sobre los cuales se pretende desarrollar el Proyecto, con el PDUM-BJ</p>
2.	<p>Norma Particular para Polígonos de Actuación</p> <p>Entre sus principios rectores se encuentran rescatar el espacio público, fortalecer el desarrollo de la</p>	<p>SE CUMPLE</p> <p>El Proyecto contempla la ejecución de un Polígono de</p>

No.	Regulación Aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
	<p>sociedad, proteger los recursos naturales y ofrecer zonas urbanas atractivas para la inversión pública y privada.</p> <p>Los Polígonos de Actuación vinculados a proyectos estratégicos son zonas de la ciudad que requieren ser intervenidos bajo una visión integral que impulse su regeneración, así como su revitalización tanto urbana como ambiental, protegiendo y fomentando el desarrollo urbano en su integración con el espacio público, a través de los mecanismos correspondientes.</p> <p>Estas zonas estratégicas de la ciudad demandarán mayor capacidad en infraestructura, dotación de servicios y transporte público, por lo que representan potencial para absorber crecimiento, mantener una capacidad instalada suficiente para intensificar las actividades sociales y económicas, y que incidan, o se relacionen con el conjunto de la Ciudad.</p> <p>Para definir los nuevos lineamientos y las áreas determinadas como Polígonos de Actuación en Zonas Estratégicas de la ciudad a través de un Plan Maestro, en términos del uso del suelo, coeficiente de ocupación del suelo (COS), coeficiente de utilización del suelo (CUS), de altura o alturas máximas permitidas, de área libre de construcción mínima, restricciones a la construcción, de la aplicación de otras normas de ordenación particulares y lineamientos que los proyectos deberán respetar para la consecución de los objetivos del desarrollo urbano ordenado, se sujetará a lo establecido en la legislación en la materia.</p> <p>Es importante considerar que de acuerdo a las necesidades y crecimiento de la ciudad se pueden generar otros Polígonos de Actuación en zonas estratégicas.</p>	<p>Actuación bajo una visión integral que garantice su desarrollo y revitalización urbana y ambiental; protegiendo y fomentando el espacio público, a través de la intervención gubernamental y privada; mediante el cual se asegure la compatibilidad del uso de suelo de los predios sobre los cuales se pretende desarrollar el Proyecto, con el PDUM-BJ</p>
3.	Uso de Suelo del lote 2 de la Súper manzana (Sm) 10, Distrito 2: Área Verde.	
4.	Uso de Suelo de los lotes 2-A y 2-C: destinos de utilidad pública, con especificidad de Equipamiento.	SE CUMPLE Cambio de uso de suelo a través de Polígono de Actuación
5.	Uso de Suelo de los lotes 4-Ay 5-A propiedad de FONATUR: zona de vegetación de sabana, un área	SE CUMPLE Uso de suelo compatible por tratarse de un proyecto de

No.	Regulación Aplicable	Análisis de Observancia del Proyecto
	con vegetación hidrófila catalogada como Área de Conservación con fines de utilidad pública.	utilidad pública, al tratarse de una vialidad pública que tendrá como fin mejorar la movilidad entre el centro urbano y la zona hotelera, a través de la implementación de una vía alterna de acceso,.
6.	Uso de Suelo del lote San Buenaventura, propiedad de FONATUR: zona con vegetación hidrófila y de manglar, catalogada como un Área de Conservación, con fines de utilidad pública	SE CUMPLE Uso de suelo compatible por tratarse de un proyecto de utilidad pública, al tratarse de una vialidad pública que tendrá como fin mejorar la movilidad entre el centro urbano y la zona hotelera, a través de la implementación de una vía alterna de acceso,.

Figura 7. 4 Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez

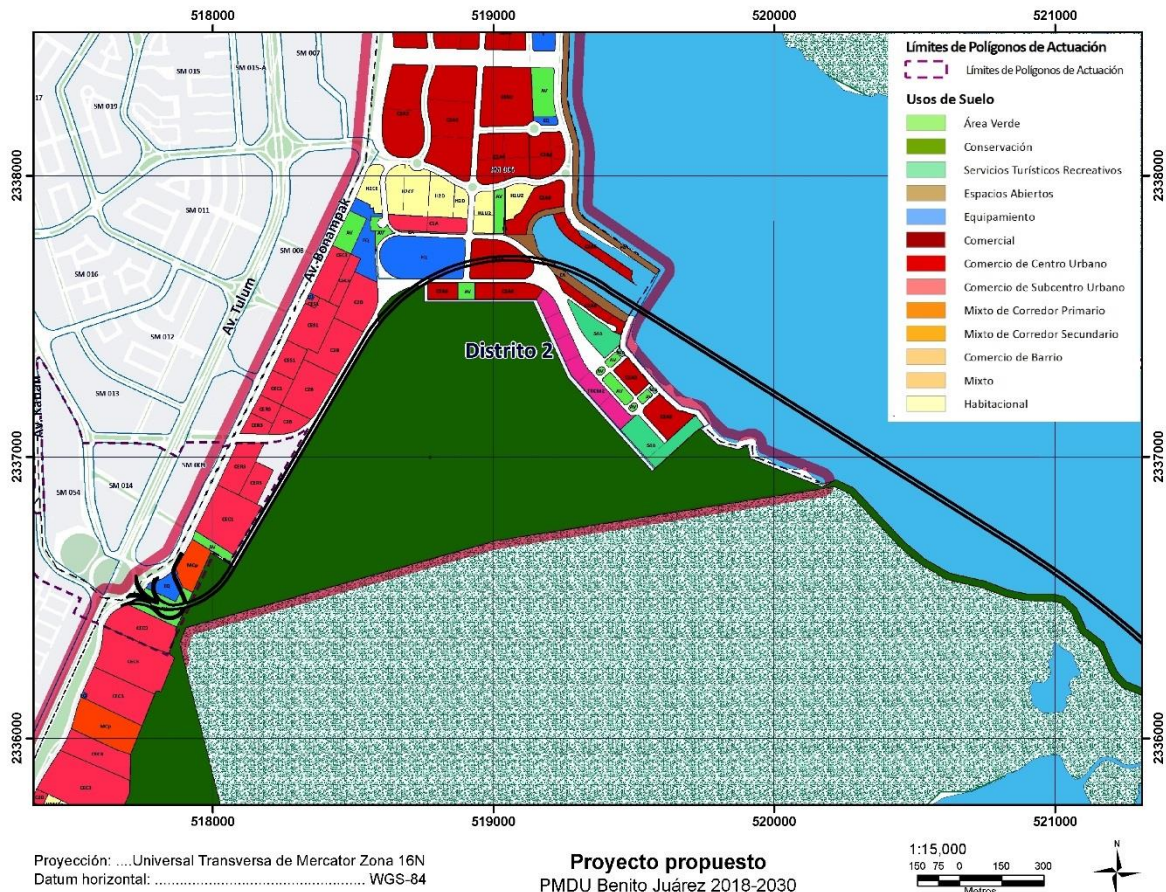
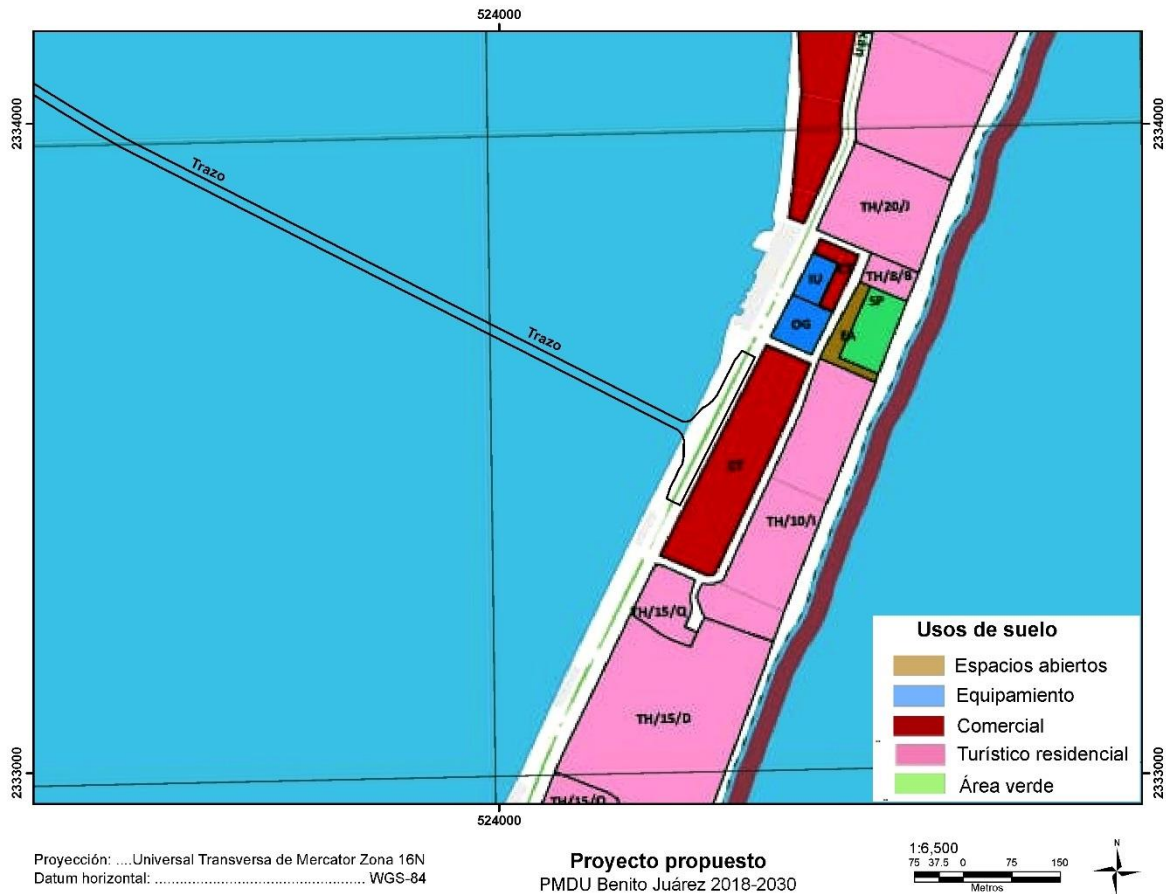


Figura 7. 5 Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez



7.2.2 Proyectos estratégicos

La Agencia de Proyectos Estratégicos del Estado de Quintana Roo (AGEPRO) puso a consideración de la Cámara de Diputados un total de 12 proyectos de infraestructura carretera y ferroviaria para que puedan ser considerados en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024. Entre ellos, se propone la construcción de un puente, ubicado en la zona norte de Quintana Roo sobre la laguna Nichupté, para agilizar el tráfico en la zona hotelera de Cancún.

El Proyecto se ubica en la ciudad de Cancún, Q. R., comunica el Distribuidor Vial Tulum-Bonampak-Colosio-Kabah, en lo zona urbano; con el Boulevard Kukulcán en lo zona turística u hotelera.

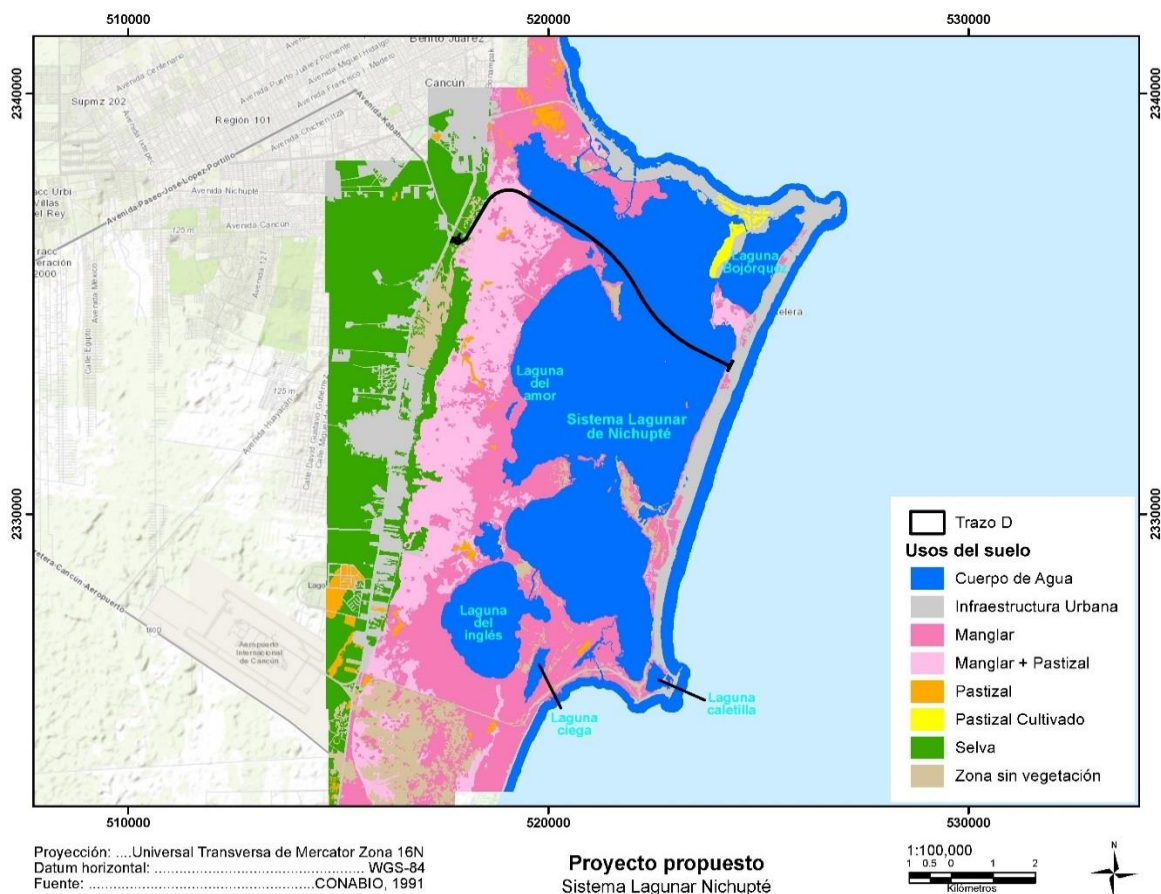
7.3 ESCENARIO ACTUAL

El proyecto Puente Vehicular Nichupté, prevé desarrollarse dentro del Sistema Lagunar Nichupté (Figura 7. 6), del cual forma parte el Área de Protección de Flora y Fauna

Manglares de Nichupté. La importancia de esta Área Natural Protegida consiste en el hecho de que es el relicto de humedales más importante, asociado al Sistema Lagunar Nichupté (SLN), que permite el mantenimiento y desarrollo de la dinámica ecológica lagunar y de los arrecifes que conforman el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, que forman parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) (CONANP, 2014).

El SLN cada vez es más afectado por el establecimiento del complejo turístico de Cancún, sin embargo, en la presente MIA, se propone un Sistema de Manejo Adaptativo y Gestión Sostenible, en el cual, a partir de Programas, están orientados a cumplir las obligaciones en materia ambiental y atender los impactos negativos identificados en cada una de las etapas del Proyecto.

Figura 7. 6 Sistema Lagunar Nichupté



La hidrología del SLN depende en parte de las aportaciones de agua subterránea que alimentan al sistema a través de los manantiales localmente también conocidos como ojos

de agua, mismos que en su mayoría se ubican en la parte oeste de la laguna, representados como aportes provenientes de continente con salida a la laguna.

A las afectaciones antropogénicas observadas en el área del manglar, se suma el deterioro por causas naturales debido a los eventos meteorológicos ocurridos. El manglar, aunque se encuentra en recuperación esta no ha sido total ya que en algunas partes aún presenta signos del fuerte daño (zonas secas).

7.4 PRONÓSTICO DEL ESCENARIO DEL PROYECTO

Para estimar los impactos provocados por la ejecución del Proyecto, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de sus efectos ambientales en función de la caracterización de los elementos que integran el ambiente natural y social del área de estudio (capítulo 5), así como determinar las afectaciones y modificaciones que se presentarán sobre los componentes ambientales del SAR.

El SAR se delimitó a partir del análisis de las principales interacciones entre el proyecto y su medio circundante, lo que nos lleva a conocer, de forma detallada, en qué medida las diferentes actividades y obras consideradas por el Proyecto afectarán los atributos ambientales y, por otro lado, en qué sentido éstos últimos pueden tener interacción con las características de la infraestructura y el desarrollo de las actividades previstas por el proyecto.

El SAR, en su medio terrestre y marino, es la región ecológica donde los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, generados en las diversas etapas del proyecto, se unen a las presiones socio-ambientales derivadas del desarrollo de la región.

7.4.1 Límites del Sistema Ambiental Regional

El SAR en el que se encuentra inmerso el Proyecto está conformado por humedales y el Sistema Lagunar Nichupté.

Con la caracterización de la vegetación se identifican las superficies para cada tipo. La delimitación del SAR que se presenta más adelante en el capítulo 4, tuvo a bien, considerar los criterios que a continuación se desglosan para su delimitación, análisis y evaluación:

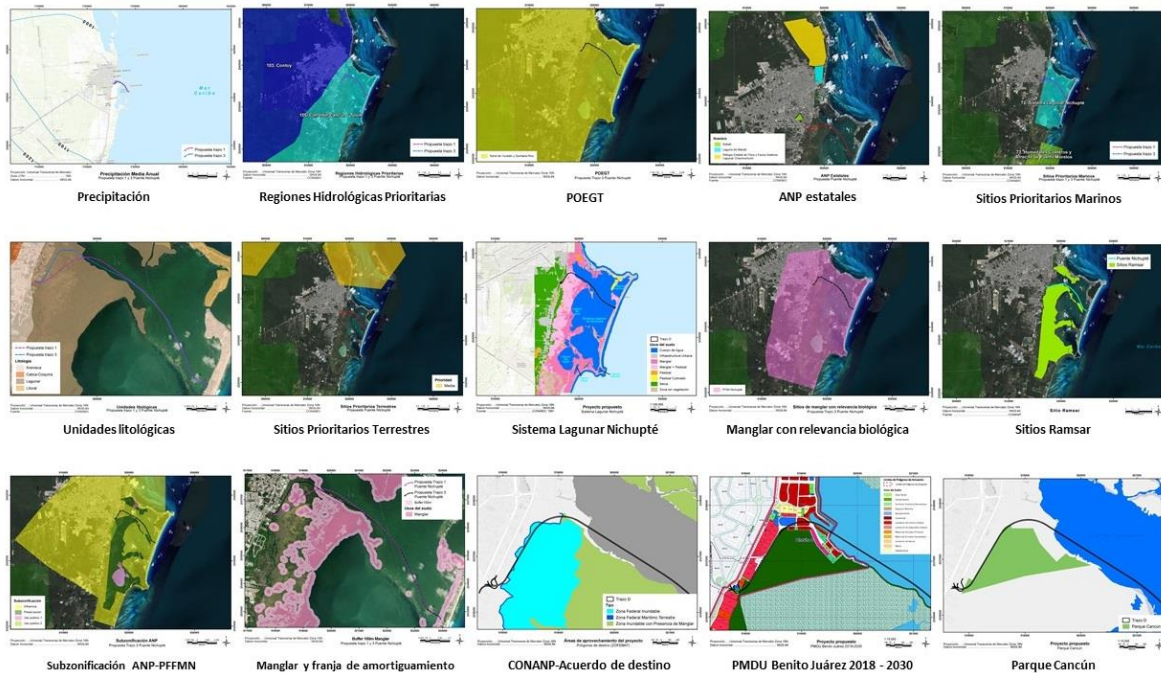
- Medio abiótico
 - Fisiografía, geohidrología, geología, hidrogeología, climatología, etc.
 - Limitantes físicas ubicadas en el área de estudio y que representen barreras naturales frente a la propagación o dispersión de algún impacto definido para cada uno de los componentes del medio, tales como, infraestructura vial, desarrollos inmobiliarios, etc.
- Medio biótico
 - Antecedentes ambientales del proyecto e información técnico científica generada para someter a evaluación esta MIA-R.
- Marco jurídico
 - Normativos: Leyes, Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas.
 - Planeación: Programas de Ordenamiento Ecológico y Programas de Desarrollo Urbano.

La obtención de los límites y determinación de la ZII y ZID de El Proyecto se analizó tomando en cuenta los instrumentos de regulación ecológica y de aprovechamiento del territorio vigentes, así como la cartografía disponible para cada uno de ellos. Los detalles pueden ser consultados en el Capítulo 3 de esta MIA-R (Figura 7. 7).

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental.
- Ley General de Vida Silvestre.
- Ley General y Reglamento de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Ley General de Bienes Nacionales y Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.
- NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
- NOM-059-SEMARNAT-2010, que establece el listado de especies que, por su condición ambiental, deben ser consideradas como protegidas en el territorio nacional, así mismo, determina el grado y tipo de protección al cual deberán someterse.
- APFyF Manglares de Nichupté.
- Regiones de importancia para la biodiversidad (CONABIO, RAMSAR).

- Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez 2014.
- Programa Municipal de Desarrollo Urbano 2018 – 2030 de Benito Juárez.
- Parque Cancún

Figura 7. 7 Información cartográfica y documental analizada para definir El Proyecto y su ZID.



De conformidad con lo anterior, en la Figura 7. 8, se muestra el SAR del Proyecto, el cual está conformado por el Sistema Lagunar Nichupté (SLN), compuesto por el cuerpo lagunar, los humedales asociados, remanentes de selva y la franja arenosa que colinda con el mar Caribe. Si bien, de manera natural, el SLN formó parte de un complejo sistema de humedales costeros, se conectaba al norte con los humedales asociados a la laguna Chacmucuch y al sur con los humedales de Puerto Morelos, progresivamente, con el desarrollo del Centro Integralmente Planeado Cancún a principios de los setenta el SLN fue fragmentado y actualmente tiene límites físicos de origen antrópico que lo separan de los antes mencionados. Los límites son los siguientes:

- Al norte por el inicio del Blvd. Kukulcan,
- Al noreste por la línea de costa, que lo limita con el Mar Caribe,
- Al Sur por el Blvd. Kukulcan en la porción que lo conecta con el aeropuerto internacional de Cancún,
- Al oeste por la Carretera Federal 307 Chetumal – Puerto Juárez, que es conocida en su tramo en la zona urbana de Cancún como Blvd. Colosio y

- Al este y sureste por el mar Caribe

La superficie total es de **9,976.73 ha** (Figura 7. 8).

Figura 7. 8 Sistema Ambiental Regional



Los usos de suelo y vegetación que conforman este sistema se presentan en la siguiente Tabla 7. 2 y Figura 7. 9 Tabla 7. 2 Superficies por tipo de vegetación y ambiente del SAR.:

Tabla 7. 2 Superficies por tipo de vegetación y ambiente del SAR.

USyV SAR / Zona	Superficie (ha)		
	Lagunar	Terrestre	Total
Cuerpo de agua	4803.46	0.05	4803.51
Cuerpo de agua intermitente	0	7.28	7.28
Manglar de R. mangle	16.08	2180.85	2196.92
Manglar mixto	0	499.4	499.4
Modelado antrópico	0	1099.43	1099.43
Pastizal con mangle disperso	0	769.55	769.55
Petén	0	3.62	3.62
Selva mediana con vegetación secundaria	0	253.76	253.76
Sin vegetación aparente	0	9.66	9.66
Vegetación inducida	0	180.63	180.63

USyV SAR / Zona	Superficie (ha)		
	Lagunar	Terrestre	Total
Vegetación secundaria con individuos de mangle	0	78.39	78.39
Vegetación secundaria de selva mediana	0	74.59	74.59
Total	4819.53	5157.2	9976.73

Figura 7. 9 Usos de suelo y vegetación que conforman el SAR del Proyecto

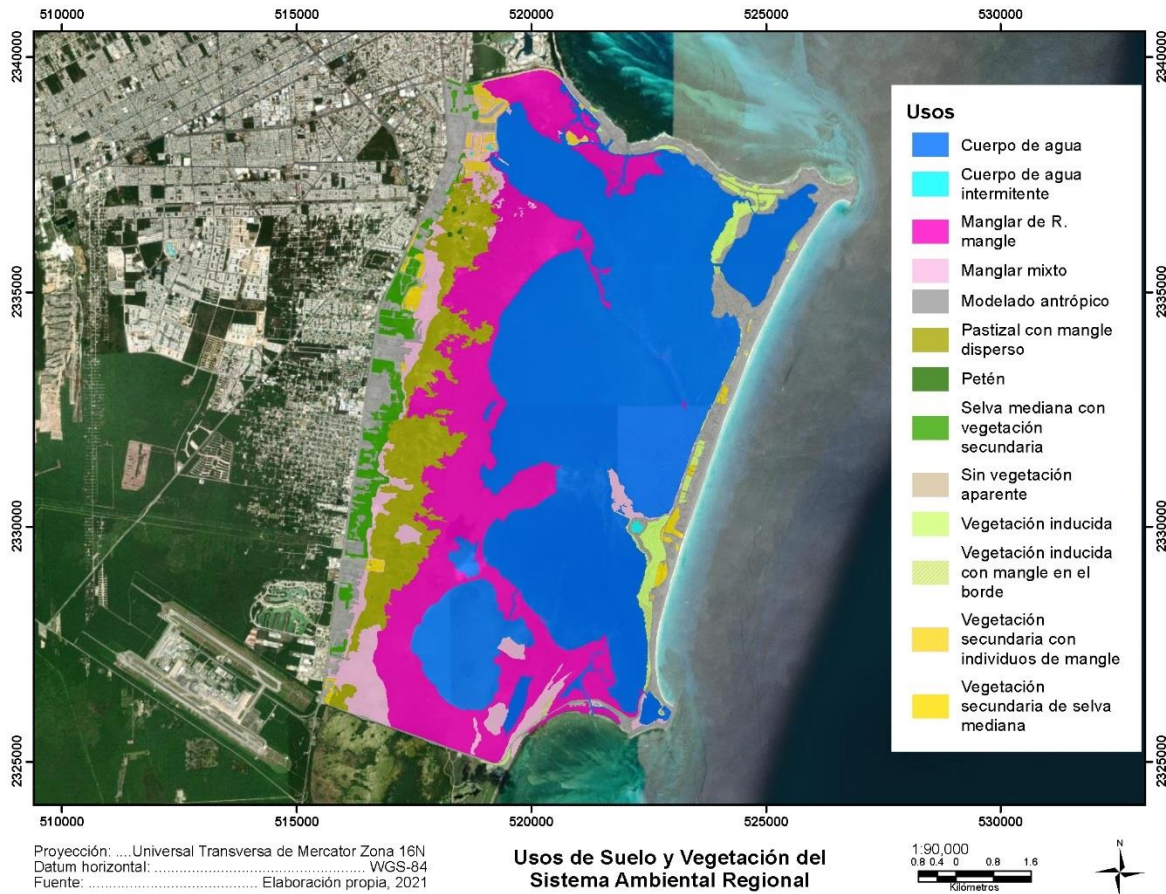
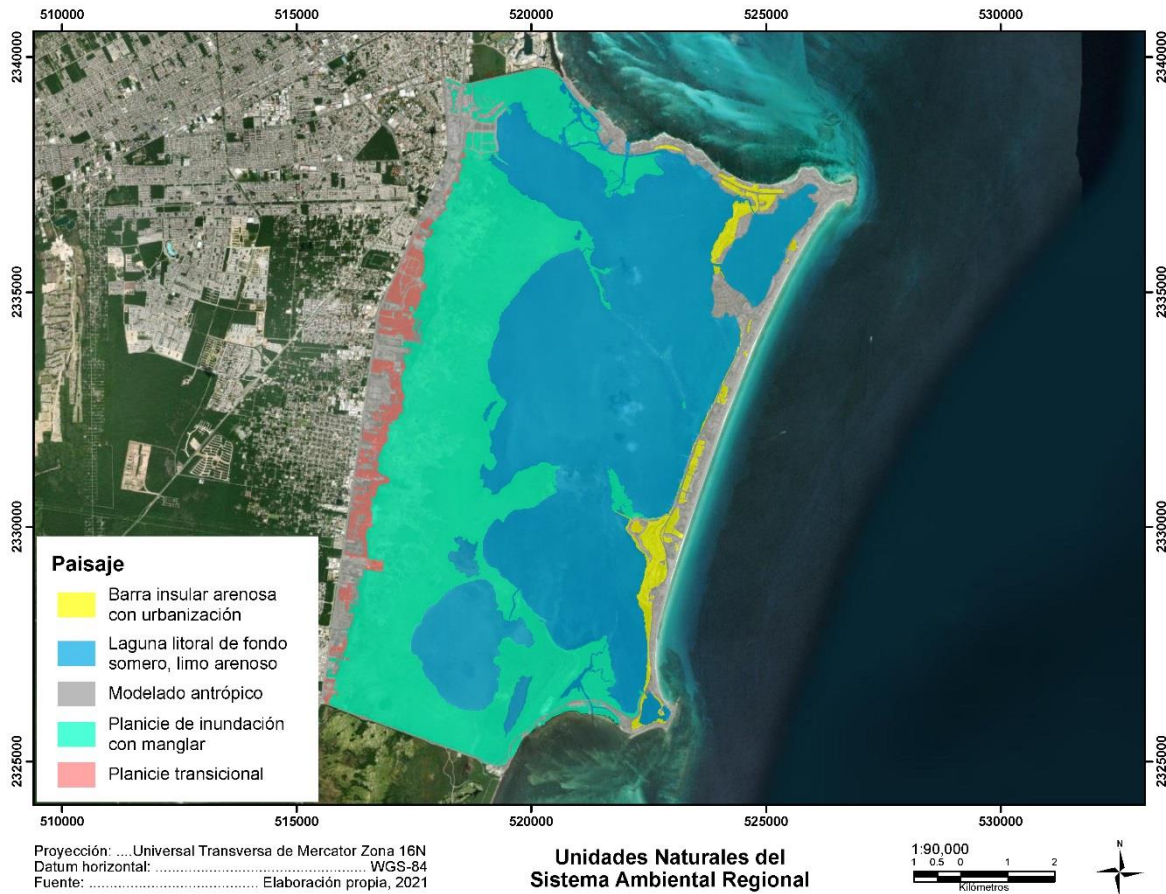


Tabla 7. 3. Superficies de las unidades naturales del SAR.

Unidades / Zona	Superficie (ha)		
	Lagunar	Terrestre	Total
Modelado antrópico	0.00	1,099.43	1,099.43
Planicie de inundación con manglar	0.00	3,578.43	3,578.43
Barra insular arenosa con urbanización	0.00	221.12	221.12
Planicie transicional	0.00	274.30	274.30
Laguna litoral de fondo somero, limo arenoso	4,801.39	2.02	4,803.41
Total	4,801.39	5,175.29	9,976.68

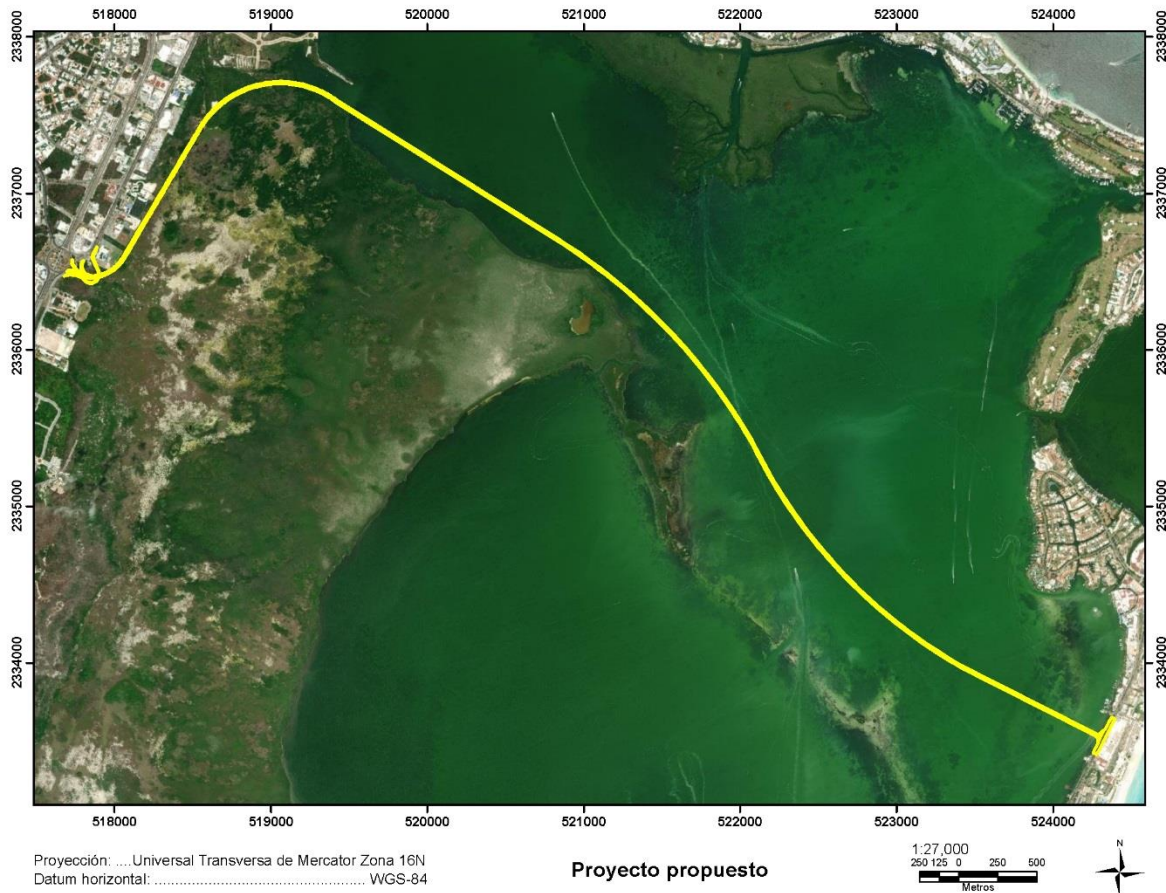
Figura 7. 10 Unidades del paisaje que conforman el SAR del Proyecto



7.4.2 Dimensiones del proyecto

El Proyecto representa una Nueva conexión vial entre el centro urbano de Cancún; conecta en el Oeste con el distribuidor vial Kabah en donde convergen las Avenidas Bonampak, Avenida Rodrigo Gómez y Boulevard Luis Donaldo Colosio; y al Este con la zona hotelera, específicamente en el Boulevard Kukulkán a la altura del km 13. El proyecto contará con una longitud aproximada de 8.8 km (Figura 7. 11).

Figura 7. 11 Diseño final del Proyecto del PVN propuesto.



Consiste en una vialidad urbana construida sobre pilas a todo lo largo de su trazo. Cruza la Laguna Nichupté y conecta la zona hotelera de Cancún a la altura del kilómetro 13.0, con la glorieta Kabah en la zona urbana de la ciudad. Es una estructura de 8.8 km de longitud con un ancho de tablero inicial de 5.6 m (en el entronque con Av. Colosio) que podrá llegar a 14.9 m. El proyecto contempla 215 ejes de apoyo distribuidos entre 35 y 42 m y una altura máxima desde el nivel de rasante al nivel de terreno natural 10 m.

La conformación de la estructura será modular, con 660 columnas piloteadas en proporción de 3:1, empotradas en la roca caliza. La distancia entre los centros de los pilotes será de 5.4 m. Los pilotes tendrán alrededor de 1.50 m de diámetro. Se contempla la suspensión de la superestructura a través de 660 pilas, 483 se ubican en la sección que transcurre sobre la zona lagunar y 177 en la sección terrestre.

La altura del puente es variable, la altura máxima de acuerdo con el trazo, es de 10 m con una mínima de 5 m. En los entronques del proyecto el puente asciende/desciende hasta el

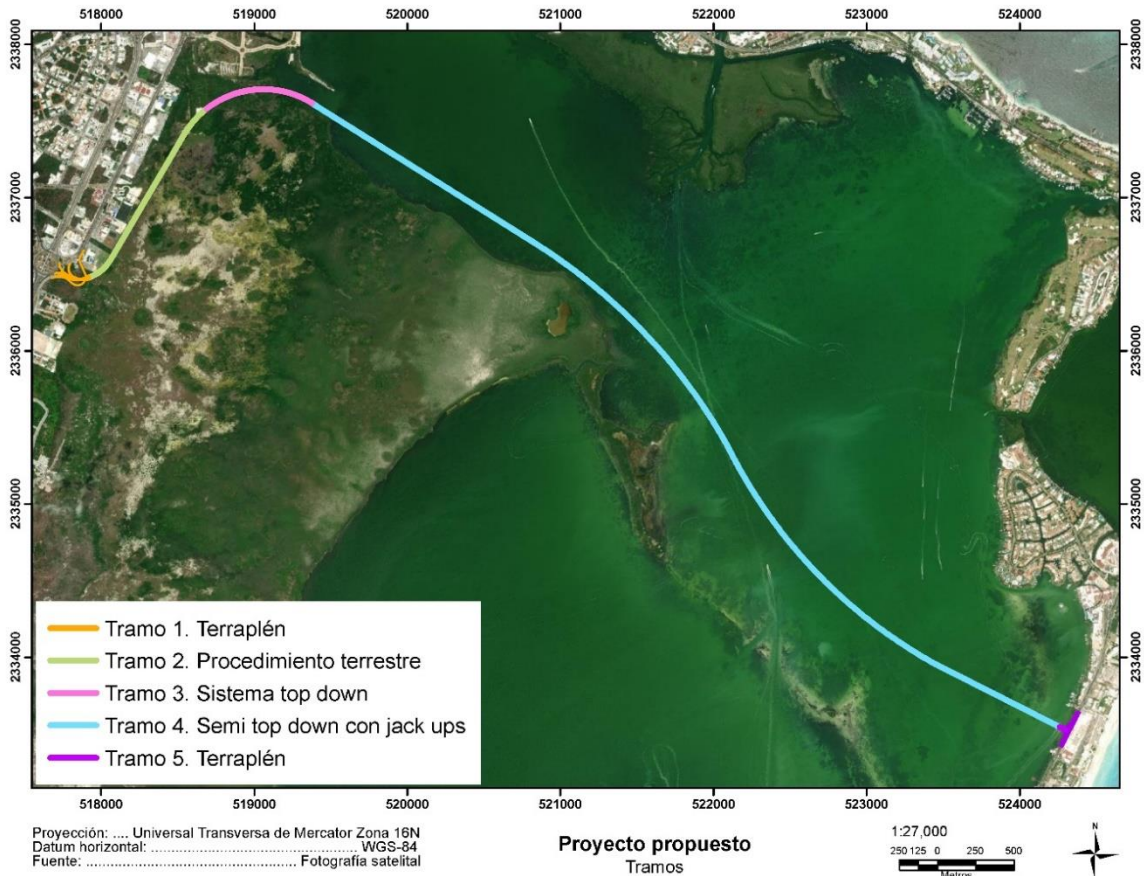
nivel de suelo. Las alturas de los pilotes sobre el cuerpo de agua y terreno se ajustarán a los requerimientos del Proyecto de acuerdo con las características topográficas y sedimentológicas.

El Puente Vehicular Nichupté tiene como objetivo proveer una nueva conexión vial, estará dividido en cinco tramos (Figura 7. 12):

- Entronque oeste (Zona urbana) con 0.17 km
- Zona Sabana con 1.21 km
- Zona Manglar con 0.68 km
- Cuerpo de agua con 6.72 km
- Entronque este (Zona Hotelera) con 0.02km

Debido a la diversidad de los tipos de suelo en los Tramos 1 y 5, el diseño de referencia se compone por 4 sistemas constructivos distintos, propuestos para soportar las solicitaciones y casos de carga a los que estarán sometidos para un periodo de vida útil de 100 años.

Figura 7. 12 Tramos del proyecto

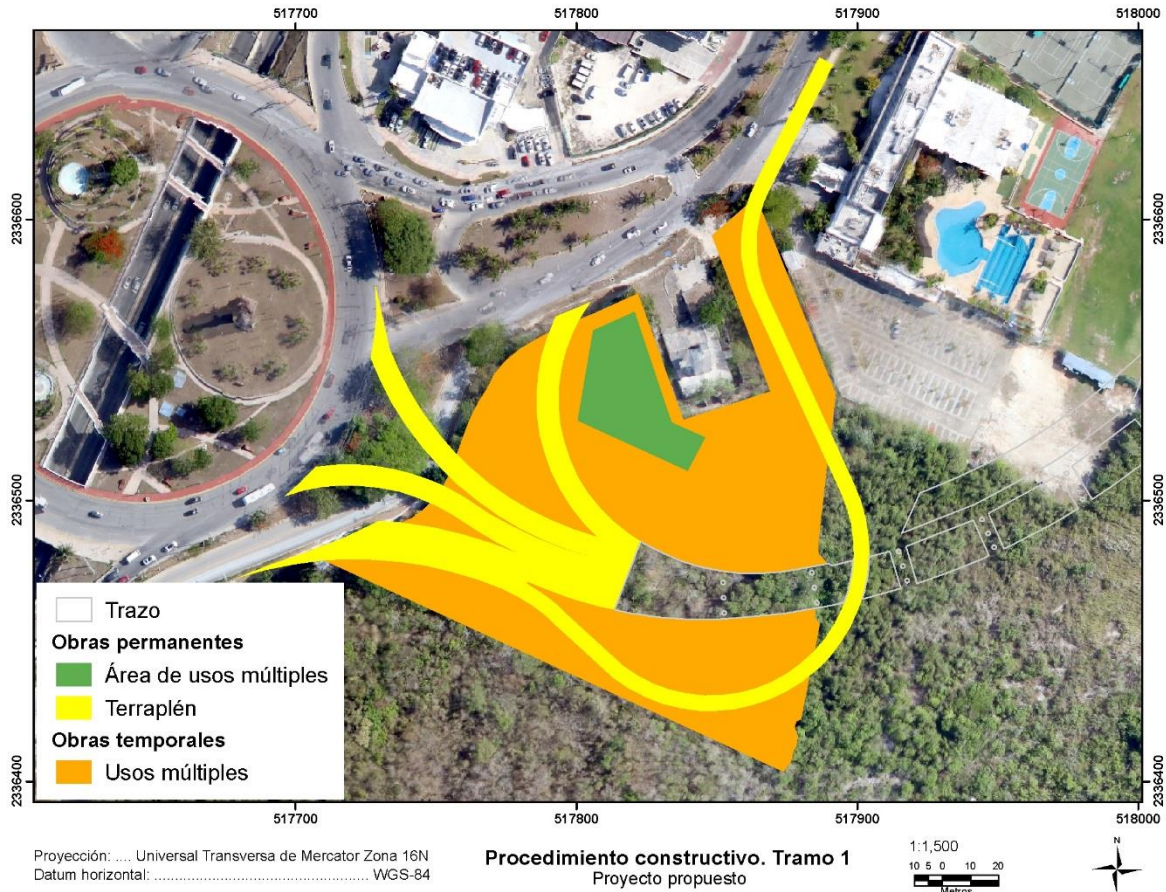


Teniendo como accesos únicos el desarrollo de dos entronques:

- Entronque oeste. - Zona urbana de Cancún. Ubicado en la glorieta Monumento Antigua Torre de Control, denominado distribuidor vial Kabah donde convergen las Avenidas Bonampak, Kabah y Tulum la cual, continuando su recorrido al sur toma el nombre de Av. Luis Donaldo Colosio.
- Entronque este. - Zona Hotelera. Ubicado en el Km 13.0 de la Zona Hotelera de Cancún a la altura de plaza Kukulkán.
 - a) **Tramo 1. Proceso en la zona continental, se refiere al entronque con la 2Glorieta Rodrigo Gómez – Kabah**

El Tramo 1 se ubica en el “*Entronque oeste. - Zona urbana de Cancún*”. Localizado en la glorieta Monumento Antigua Torre de Control, denominado distribuidor vial Kabah donde convergen las Avenidas Bonampak, Kabah y Tulum la cual, continuando su recorrido al sur toma el nombre de Av. Luis Donaldo Colosio. Teniendo una longitud de 0.17 Km.

Figura 7. 13 Tramo 1 del proyecto

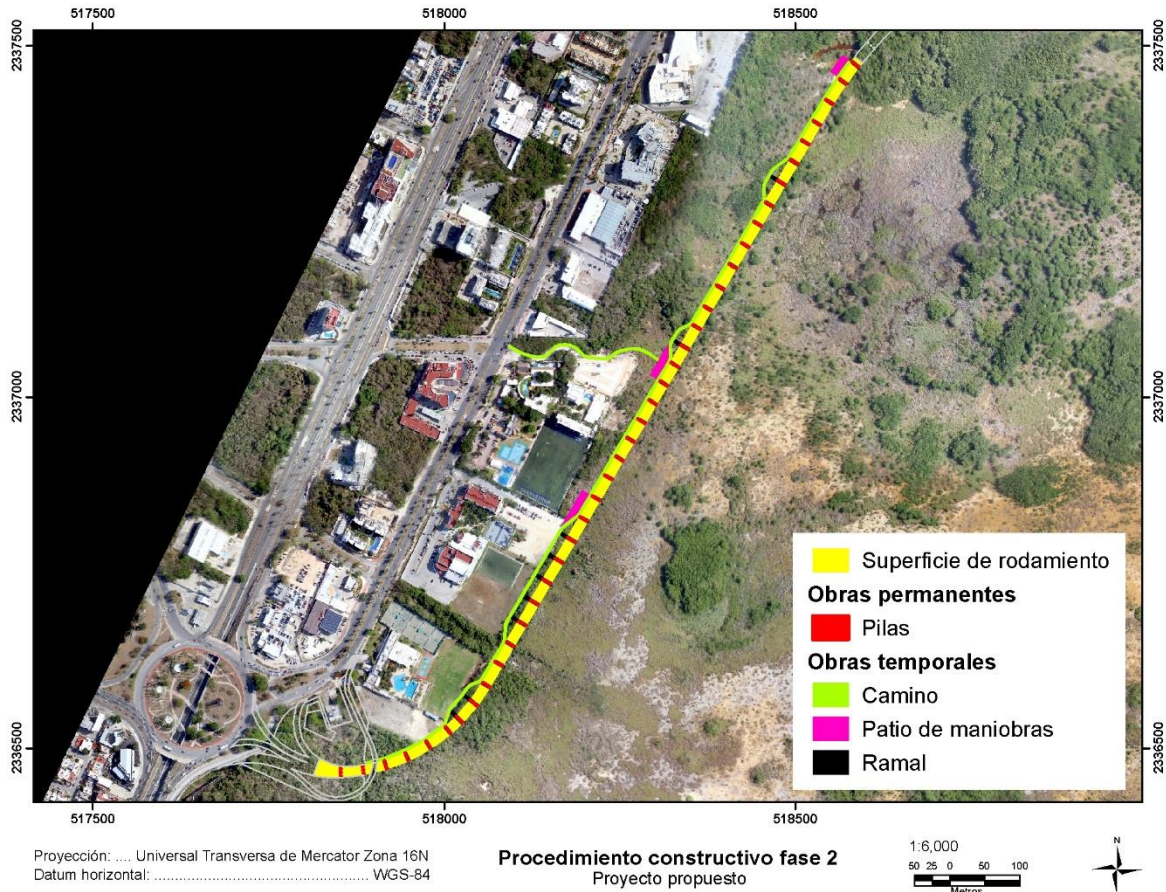


b) Tramo 2. Proceso Top-Down, la superficie de rodamiento es elevada. Se implementará en el área con mayor presencia de manglar.

En el Tramo 2 es en donde da comienzo la parte elevada del Puente, por lo que la superficie de desplante permanente corresponde únicamente a la superficie de contacto de las pilas, sumando una superficie de 0.0212 ha (211.72 m²). Sin embargo, por su ubicación el tipo de proceso constructivo más adecuado, seleccionado para esta área, es el de un sistema terrestre / Semi Top Down, para lo cual se requiere el uso de áreas de aprovechamiento temporal, conformadas por un camino de acceso, un ramal y patios de maniobras desde donde estará trabajando la maquinaria para la colocación de las pilas.

El procedimiento consiste en acondicionar una plataforma provisional en cada uno de los apoyos que servirá de soporte para posicionar la perforadora y la grúa durante las etapas de construcción de las pilas. Por lo tanto, dicha plataforma será en todo el ancho del puente, es decir 14.9 metros en sentido transversal por 10 metros en sentido longitudinal aproximadamente.

Figura 7. 14 Tramo 2 del proyecto

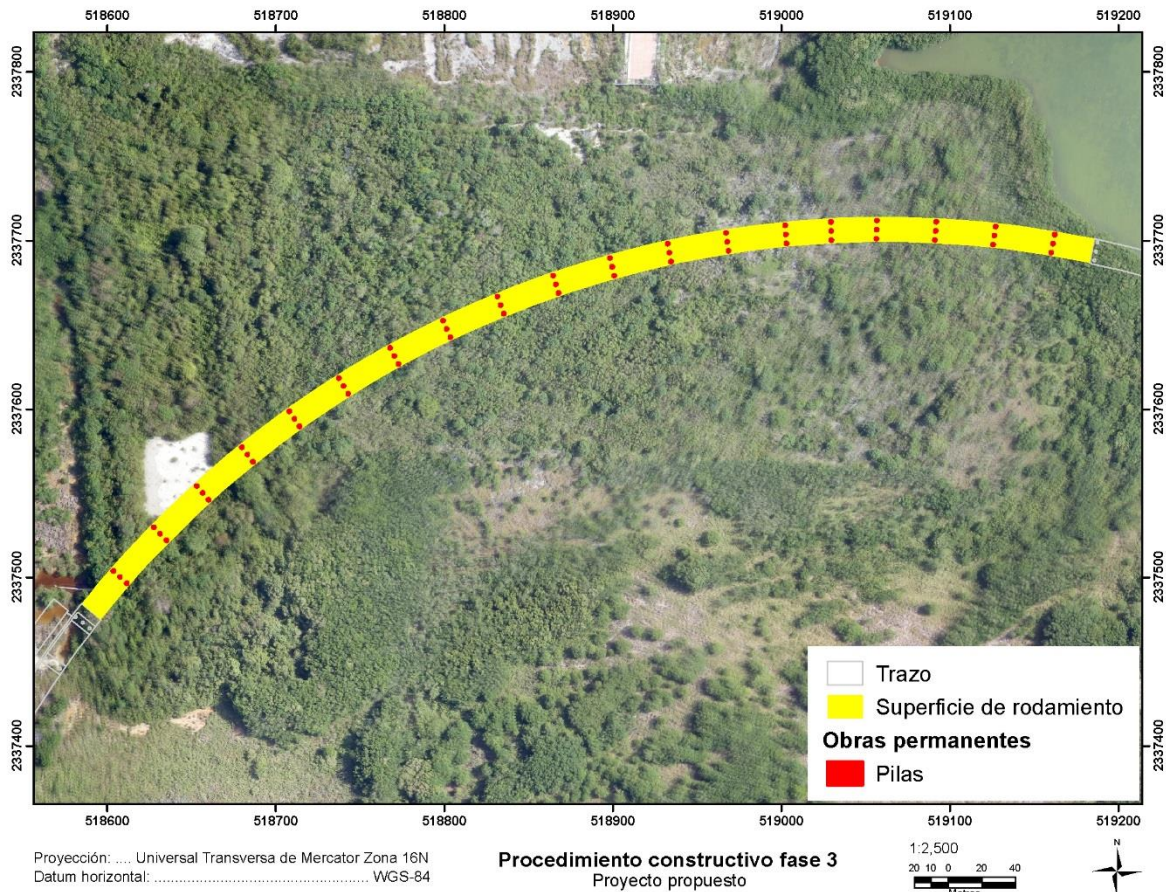


c) Tramo 3. Proceso Top-Down, la superficie de rodamiento es elevada. Se implementará en el área con mayor presencia de manglar.

El armado top-down cuenta con una longitud de 200m, se contará con apoyo de grúas hidráulicas de 200 ton (Figura 7. 15).

Para la colocación e hincado y una vez armado el sistema se colocarán los elementos de perforación en el extremo de la viga autolanzable con capacidades de voladizos de 30 a 35 m. Se perforarán los espacios para los pilotes hasta la profundidad de desplante desde la estructura del Sistema Top Down, para posteriormente llevarse a cabo las fases de armado y colado.

Figura 7. 15 Tramo 3 del proyecto



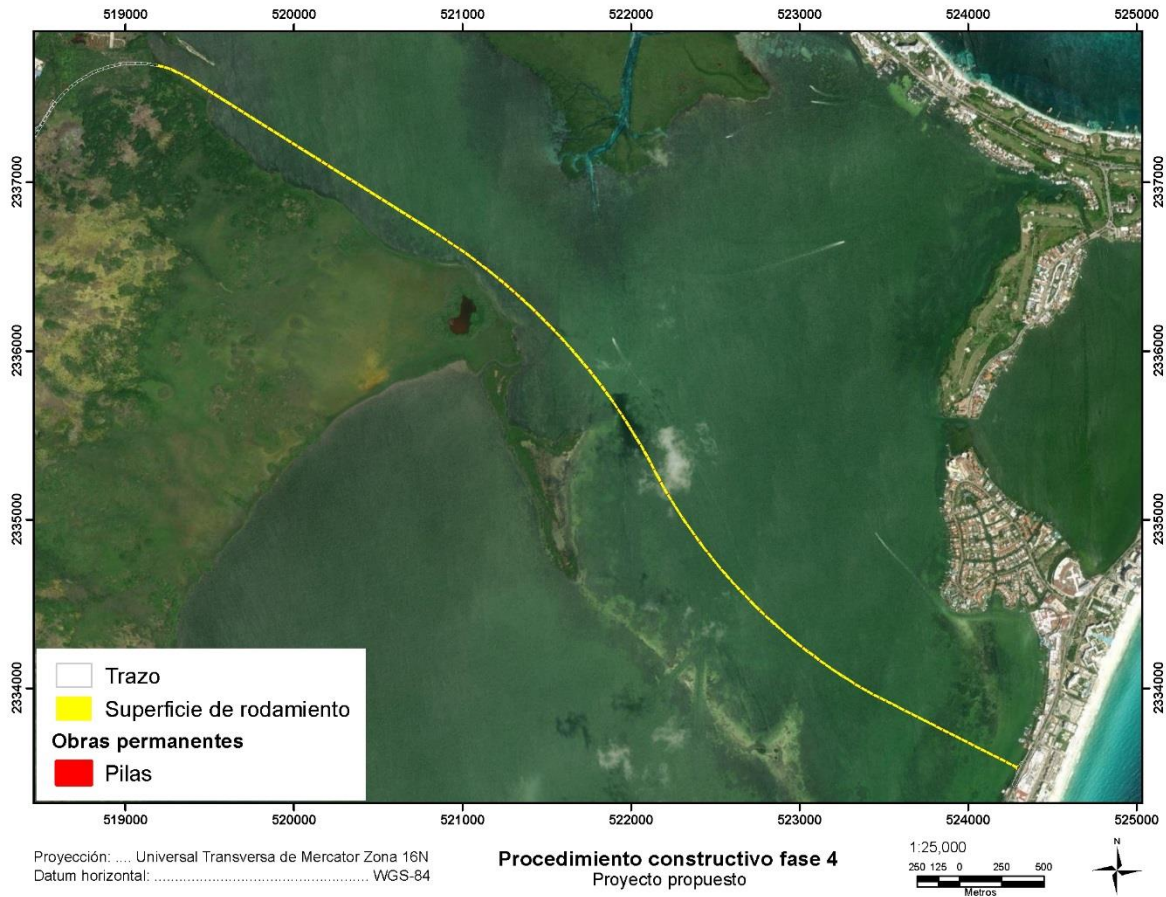
d) Tramo 4 Proceso Semi Top-Down con Jack ups. Se implementará sobre la laguna.

El proceso constructivo involucra barcazas en un sistema que se denomina Semi Top-Down con Jack ups.

La ventaja del sistema es que permite abrir un nuevo frente de construcción en paralelo con la construcción de los tramos este y oeste, además de que se puede aumentar el claro, al no estar limitado por la ejecución de la cimentación desde el extremo de la viga lanzadora, disminuyendo el número de cimentaciones y de ciclos a realizar, con las consiguientes ventajas de menor afección al cuerpo lagunar.

El Tramo 4 es un proceso Semi Top-Down con Jack ups. Se implementará sobre la laguna junto al entronque en el Km 13 de la Zona hotelera.

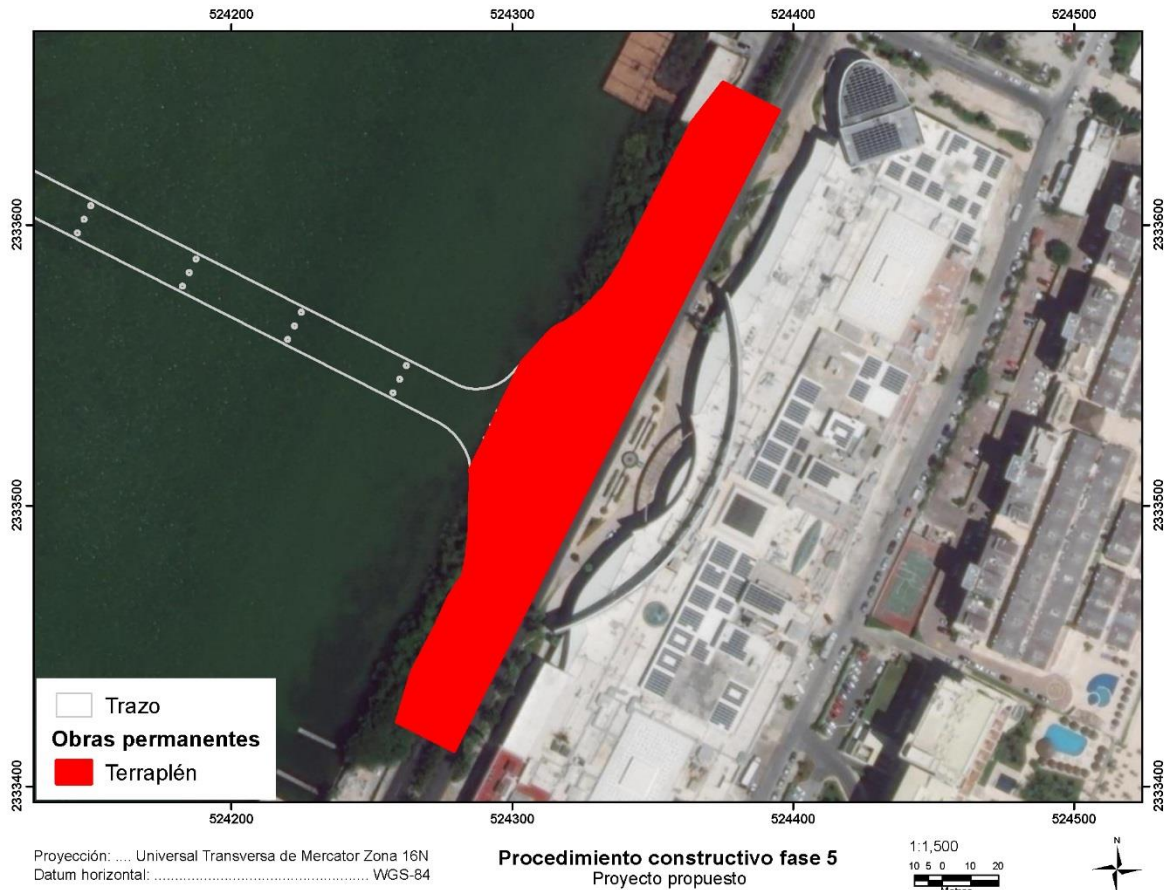
Figura 7. 16 Tramo 4 del proyecto



e) Tramo 5 Entronque en el Km 13 de la Zona hotelera.

El Tramo 5 corresponde al "Entronque este. - Zona Hotelera". Ubicado en el Km 13.0 del Blvd. Kukulcán en la Zona Hotelera de Cancún y a la altura de plaza Kukulcán. Teniendo una superficie de 0.7678 ha (7,677.66m²).

Figura 7. 17 Tramo 5 del proyecto



7.4.3 Etapa de preparación del sitio de la urbanización

Se realizarán las actividades requeridas para el acondicionamiento del terreno previo a la construcción de las obras y consistirán principalmente en el trazo de las áreas de aprovechamiento y conservación; rescate de flora y fauna; desmonte, despalme y limpieza del terreno; movimiento de tierras y; señalización y medidas preventivas. A continuación, se describen las actividades que se realizarán durante esta etapa para las obras del Proyecto.

7.4.3.1 Trazo de las áreas de desmonte y conservación.

Una brigada de topógrafos realizará el trazo de los diferentes componentes del proyecto. Se colocarán postes de madera para realizar la delimitación de las áreas que serán conservadas y las áreas que serán desmontadas para la construcción de la infraestructura y se identificarán con cintas plásticas. En los polígonos de cada área de aprovechamiento

se colocará malla electrosoldada con el objetivo de evitar el paso de personas ajenas a las obras, así como de proteger las áreas de conservación al interior de los lotes. Dichas protecciones también reducirán el impacto visual de la obra, la dispersión de polvos y la contaminación por ruido.

7.4.3.2 Marcado y rescate de especies vegetales.

En las áreas delimitadas y consideradas para su aprovechamiento se implementará una campaña coordinada por un especialista en identificación y manejo de vegetación y una brigada de personal de apoyo; con la finalidad de identificar y marcar con cinta plástica aquellos ejemplares susceptibles de ser rescatados, se prestará especial atención a los ejemplares que se encuentren incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Una vez identificados los ejemplares, se implementará la técnica de rescate más apropiada, considerando la especie y su talla.

7.4.3.3 Rescate de especies animales.

De manera paralela a las actividades de marcado y rescate de especies vegetales, y como parte del SGAS del proyecto Puente Vehicular Nichupté, un especialista en manejo de fauna recorrerá las áreas de desmonte con la finalidad de rescatar a individuos poco móviles o vulnerables, incluyendo nidos de aves. Los individuos rescatados se registrarán en una bitácora y se incorporarán en una base de datos específicamente diseñada para tal fin, posteriormente serán trasladados a áreas de conservación que mantengan su cobertura vegetal original. Previo a su traslado, cada organismo será identificado y registrado en formatos especiales diseñados por la supervisión ambiental del proyecto.

7.4.3.4 Desmonte, despalme y limpieza del terreno.

Una vez efectuado el rescate de flora y fauna, se llevarán a cabo las actividades de desmonte y limpieza de las áreas de aprovechamiento de las obras consideradas.

7.4.3.5 Confinamiento

La zona de trabajo se debe delimitar para poder llevar a cabo los trabajos, además de garantizar la seguridad de los peatones, trabajadores y de los vehículos. Este procedimiento debe basarse en las normas oficiales mexicanas, respetando las medidas de seguridad establecidas por las dependencias y cliente. El confinamiento provisional del área de trabajo

se hará a base de tapiales de madera en el perímetro del proyecto. Los tapiales instalados deben estar perfectamente anclados en el piso y traslapados entre sí, ofreciendo estabilidad y todas las garantías de seguridad necesarias. La altura mínima de cada módulo será de 2.44 m y deberán de contar con indicaciones de seguridad ya sean pintados o con letreros de precaución. Esto permitirá además tener un control de acceso del personal, equipo y maquinaria que será utilizado para los trabajos. Dada la naturaleza de las actividades que se desarrollarán en la zona, será necesario darle continuidad en la medida de lo posible a las labores cotidianas de las personas.

7.4.3.6 Control Vial

Es indispensable que para la realización de estas actividades se haya notificado y aprobado por parte de las dependencias que pudieran estar involucradas con los trabajos. Las actividades inician cuando previo al cierre de la vialidad, el jefe de obra se comunica con el Jefe de Seguridad para indicarle los trabajos a realizar, solicitando su apoyo para el cierre, bandeo o desvío de la vialidad. Enseguida y con la ayuda de una camioneta con luz o letrero luminoso en la parte trasera, se posiciona en la (s) zonas (s) en la que harán el corte de circulación. Esta actividad puede ser apoyada también por las autoridades locales, a través de patrullas. Los bandereros, van colocando los señalamientos necesarios en los accesos para su cierre. Una vez concluidos los trabajos durante la jornada, se procede a retirar el señalamiento colocado en los accesos para que se restablezca la circulación por esa vía.

7.4.3.7 Topografía (Trazo y nivelación)

Para la realización de las actividades de trazo y nivelación por el método tradicional, se emplean convencionalmente equipos como: teodolito electrónico, nivel, cinta, plomadas, etc. En este caso, se utilizarán equipos topográficos electrónicos como la estación total la cual permite que estas tareas sean resueltas de manera más precisa. Se llevará a cabo la entrega recepción de la información topográfica, para revisar datos de poligonales de apoyo, poligonales auxiliares, bancos de nivel y colocar referenciados para recuperación de trazo y niveles, para realizar el replanteo del proyecto. Para iniciar con el trazo, si no se conocen las coordenadas, se darán de manera arbitraria, previa conciliación con la supervisión, tomando un punto de inicio y orientando una línea establecida. Los bancos de nivel se ubicarán fuera de la influencia de movimientos provocados por la obra y se realizan nivelaciones periódicas para conocer su comportamiento vertical y verificar que tengan su

cota correcta. Se colocan los puntos de control fuera de la obra para que en caso de que los puntos de los ejes que están dentro de la obra se pierdan, estos nos sirvan para replantear el trazo. Se ubican los puntos de referencia indicados en el proyecto.

7.4.3.8 Ubicación de obra inducida

Se deberá de realizar un levantamiento planimétrico donde incluya la identificación de obra inducida, tal es el caso de instalaciones de agua potable, drenaje, instalaciones eléctricas, instalaciones de telecomunicaciones, instalaciones de PEMEX, puentes peatonales, paramentos, guarniciones e instalaciones de gas. Se notificará para que se realice las gestiones pertinentes con las diferentes áreas y empresas u organismos públicos, y realizar los ajustes pertinentes o desvíos antes del inicio de la obra. Para el caso de las obras exteriores a desarrollarse en la periferia de la estación, los planos planimétricos serán de gran ayuda para establecer aquellos elementos que pudieran interferir con el desarrollo de la obra como: mobiliario urbano, puentes peatonales, etc.

7.4.3.9 Liberación de interferencias.

Se verifica que no existan inconvenientes en bancos de tiro, sitios de disposición y caminos de acceso antes de iniciar actividades, así como residuos de vegetación en la zona del corte o de excavación. Si es el caso, se informa a las áreas involucradas para tener completamente liberadas las áreas a utilizar.

7.4.3.10 Retiro de postes.

Se realizará el desmantelamiento de estructuras metálicas o precoladas y se depositaran donde se acuerden con los entes responsables, estas piezas se cuidarán y manejaran sin dañarse porque tendrán un uso posterior, por lo tanto, se marcando las piezas con pintura de esmalte de manera que puedan ser identificadas fácilmente para reconstruir para ser utilizadas en otra obra.

7.4.3.11 Muelles provisionales

Este punto se refiere a la instalación de infraestructura provisional necesaria en los accesos/entronques, tanto de la zona Hotelera como de la avenida Bonampak a la laguna para el embarque los equipos que ejecutaran la obra en el tramo de la laguna de Nichupté, como son: equipo de perforación y grúas, así como el suministro de los materiales para la

construcción del puente. Por la longitud del puente es necesario ubicarlos en ambos extremos, es decir, del lado de la zona hotelera y de la avenida Bonampak.

7.4.3.12 Instalación de patio de prefabricados

Sin duda en este proyecto los prefabricados tienen una participación muy importante, como se mencionaron en el apartado correspondiente, mencionando algunos son: la fabricación de los cabezales y traveses que se tienen que iniciar paralelo a la construcción de la cimentación de tal manera que se optimice al máximo los tiempos para cumplir con el programa de obra y lograr la satisfacción del cliente, dichas instalaciones se tiene previsto ubicarlo en la periferia al puente, lo más cerca posible a los accesos del puente y utilizar las avenidas principales para transportar las piezas de gran tamaño, como son las traveses de 35 y 42 metros.

7.4.3.13 Instalación de plantas de concreto

El gran volumen de concreto que se requiere para la construcción del puente representa un reto, por ende, se tiene previsto ubicar las plantas de concreto en el mismo espacio donde se ubicaran los prefabricados y/o en el banco donde se explotaran los materiales para la elaboración del concreto.

7.4.3.14 Excavación con equipo

A continuación, se enlistan los puntos a considerar durante los trabajos de excavación: De acuerdo con el tipo de material a excavar, se realiza la solicitud y recepción del equipo y maquinaria con base en el programa de utilización. Se realiza la solicitud de los camiones requeridos para la jornada con base en el contrato con sindicatos y programación semanal en su caso. Se procede a iniciar la excavación previamente identificada en gabinete, solicitando los insumos y equipos adecuados, considerando características como excavación y carga. Se controlará que los caminos de acceso se mantengan en condiciones óptimas de tránsito. Debe llevarse un control de las actividades que se realizan para facilitar el reporte de avance, rendimientos, rendimientos del equipo, estadísticas, etc. Una vez entregado el trazo por Topografía y recibido por construcción, se inicia la excavación con medios mecánicos en materiales tipo A y B, empleando equipo que facilite la excavación y carga como cargadores de orugas, cargadores sobre neumáticos y/o retroexcavadoras. Dependiendo de las características del frente, puede ser necesario el uso de tractor para

realizar la excavación y en combinación con cargadores o retroexcavadoras, hacer el retiro del material excavado. Con un tractor o una excavadora inicia la excavación en corte, asegurando no exceder los límites del talud de proyecto, bajando el corte de acuerdo con lo que especifique el mismo, dejando un excedente de material que se retira cuando el talud se afine. La excavación se efectuará de acuerdo con las dimensiones y niveles establecidos en el proyecto y definidos previamente por topografía. Es muy importante tener cuidado con la excavación en los taludes del corte, ya que pueden generar sobre excavación, por lo que debe solicitarse al área de topografía la revisión de dichos taludes de manera continua. Así mismo se define la altura del corte en función del equipo a utilizar y el tipo de suelo a excavar. Retirado el material abundado producto del corte, mediante camiones fleteros o equipo propio fuera de carretera, se procede a afinar el talud de este, utilizando la excavadora con el propósito de dejar terminado el talud que marca el proyecto. Se solicitará la participación del laboratorio de control de calidad para revisar cualquier cambio en las características del material excavado y definir su uso. De encontrarse interferencias, deben respetarse las libranzas para sus desvíos y las protecciones indicadas por la dependencia correspondiente. Se inicia la carga y el acarreo del material excavado, utilizando el equipo previsto como tractor, cargador frontal, excavadora y camiones de volteo o camiones fuera de carreta o articulados. Con el fin de proteger la excavación, si los elementos a construir y para la cual se realizó la excavación, no inician los trabajos de manera inmediata y el fondo de dicha excavación está formado por materiales altamente erosionables, se suspenderá la excavación arriba del nivel de desplante, hasta que esté por iniciarse la construcción de las estructuras. Durante esta etapa, la excavación se protegerá de inundaciones y se asegurará su estabilidad, para evitar derrumbes, drenando toda el agua que afecte a la excavación. El material suelto o inestable, así como el material vegetal, se removerá para asegurar la estabilidad de la excavación. El material sobrante de la excavación se depositará en el sitio o banco de tiro autorizado o se distribuirá uniformemente en áreas donde no impida el drenaje natural del terreno o que no invada cuerpos de agua, para favorecer el desarrollo de vegetación. En todo momento se debe conservar estable y en óptimas condiciones las excavaciones.

7.4.3.15 Cortes del terreno natural (cuando el material se desperdicie)

Se identificarán previamente los caminos a utilizar a los bancos de depósito, se procederá a colocar señalamientos preventivos como lo indica nuestro Sistema de gestión, se realizará alguna adecuación por las necesidades municipales o poblacionales, que se conciliará con

la supervisión o las dependencias para su consideración. Una vez desmontada y despalmada la zona en los lugares donde se indique, se llevará a cabo la excavación de corte, utilizándose para ello una excavadora Cat 330BL o similar, con objeto de cargar el material a camiones de volteo para su transporte. Debiendo de proveerse la cantidad necesaria de vehículos para el transporte del material producto de la excavación. Se deben de identificar previamente los lugares donde se va a tener que llevar los materiales a depósito, como realizar los trámites correspondientes con los propietarios. Se realizará un levantamiento topográfico para identificar la superficie, así como la capacidad del banco de depósito, esto para definir los sub-tramos que podrá recibir dicho banco, posteriormente se realizará un despalme de la materia vegetal. Ya teniendo listo el banco se procede a llevar el material mediante camiones de volteo y se extenderá con el apoyo de maquinaria requerida, para obtener un buen acomodo.

7.4.3.16 Bancos de préstamo

Del estudio de volúmenes requeridos para terraplén, subyacente, subrasante, base hidráulica, etc. las Autoridades competentes asignarán los bancos y/o la empresa realizara una inspección física del tramo y zonas aledañas con la finalidad de identificar bancos de préstamo para estos conceptos, con la premisa de utilizar bancos comerciales existentes cercanos a la obra. La obtención de material para la construcción deberá ser de bancos de préstamo autorizados por la autoridad competente, a fin de evitar la deforestación de otras áreas, de lo contrario el contratista será responsable de realizar todas las gestiones necesarias para su autorización. Indicar a la delegación de la procuraduría federal de protección al ambiente, la ubicación y características de los bancos de materiales que serán utilizados.

7.4.4 Obras y actividades provisionales del Proyecto

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto se requerirá de instalaciones y obras adicionales de carácter provisorio, necesarias para dar soporte a las actividades propias de la ejecución de la obra. Estas obras se ubicarán preferentemente en áreas previamente impactadas y que el municipio designará evitando con ello perturbar las áreas de conservación dentro del humedal. Para ello, se ha destinado un Patio de Maniobras ubicado cerca del área del Proyecto, en un predio de 6.65 ha propiedad del estado, el cual ya se encuentra impactado.

7.4.5 Proceso constructivo

7.4.5.1 Terraplenes (Entronque Oeste y Este)

Para los accesos a la estructura conformado por los entronques Oeste-Zona Urbana de 0.17 km y Este-Zona hotelera de 0.02 km, que consiste en tramos terrestre, se considera el uso de terraplenes contenidos en los laterales por un sistema de muros mecánicamente estabilizados con paneles prefabricados y reforzados con pilas de contención de 1 m de diámetro de apoyo principal.

7.4.5.2 Procedimiento constructivo del sistema Terrestre

Para la zona de sabana de 1.21 km conformando por 35 ejes con un total de 105 pilas de 1.5 m de diámetro, la obra se ejecutará sobre orugas, el ingreso de maquinaria, materiales y mano de obra se realizará dentro del derecho de vía de la estructura (30 m), evitando dañar zonas con mangle o especies protegidas.

El procedimiento constructivo es el siguiente:

- Acondicionamiento de plataformas provisionales en sentido transversal y longitudinal respectivamente) en cada apoyo para el posicionamiento de la perforadora y grúa.
- Colocación de la perforadora en el punto para el inicio de la perforación.
- Perforación del suelo hasta el nivel de desplante señalado por proyecto, la cual deberá hacerse en una sola etapa de un barreno cilíndrico vertical en el subsuelo con diámetro de 1.5 m a cada 35m y cumpliendo con una desviación en la posición mayor a 10 cm ni sobre excavación mayor al 10% del diámetro. Durante todo el proceso de perforación se verificará que el desplome debido a la diferente consistencia de los materiales atravesados o cualquier otra razón supere el 1%.
- El material extraído del anterior punto será colocado en camiones de volteo por medio de excavadoras para su posterior manejo en los bancos de desperdicio autorizados.
- Colocación de acero de refuerzo previamente realizado en el patio de habilitado con

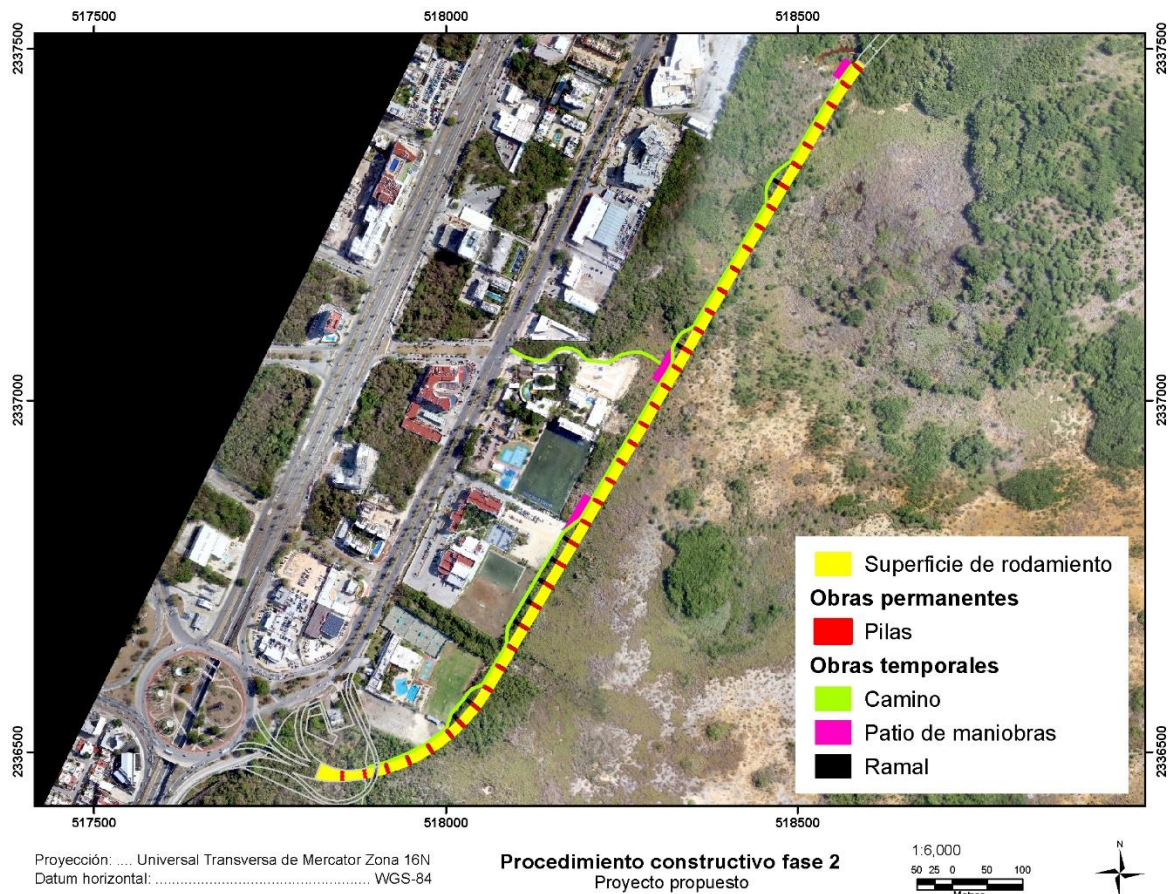
una grúa estructural la cual también se utilizará en el colado de las pilas. El armado llevara sus separadores plásticos o de concreto para garantizar el recubrimiento tanto en el fondo como en las paredes, se localiza el centro de gravedad del armado y se estroba con el fin de guardar el equilibrio y que no se reviente el estrobo.

- El procedimiento de colado inicia posterior a colocar el acero de refuerzo, la planta de premezclado deberá enviar el concreto premezclado el cual cumplirá con las características indicadas en el proyecto ejecutivo. Se procede a colocar las tuberías Tremie para el vertido del concreto siendo este no mayor a 24 horas después de concluida la perforación
- Se procede de manera continua con el colado de concreto monolítico manteniendo un nivel horizontal del concreto a lo largo del colado. Iniciado el colado, bajo ninguna circunstancia se suspenderá por un periodo mayor a 30 minutos hasta que se garantice que la superficie de concreto sano se encuentre 50 cm por arriba del nivel superior de proyecto de la pila. Además, verificar que el revenimiento sea el adecuado, entre 18 y 20 cm como mínimo.
- Una vez culminados los trabajos de colado de las pilas y que se haya alcanzado la resistencia de proyecto, se procederá con el descabece mediante equipo neumático y se procederá a realizar los trabajos de construcción de los cabezales.
- Construcción de cimbra y/o obra falsa para la construcción del cabezal de la pila, finalmente se realizará el colado del cabezal teniendo las siguientes consideraciones: dimensiones (15.0 x 3.0 x 1.8m) separación entre inmersiones del vibrador no mayores a 40 cm, tiempo de vibrado 15 segundos como máximo por inmersión, el vibrador debe penetrar 1 ½ veces el radio de acción para consolidar el concreto, utilizar aditivos para juntas de construcción y una vez terminado el colado se curara mediante membrana de curado.
- Para la fabricación de las trabes tipo cajón se deberá llevar un programa de fabricación y montaje para su correcto suministro en el orden que sea solicitados por obra, el cual incluirá en la fabricación la preparación de moldes, acero de refuerzo de trabes, sistema de pretensado, tensado de los torones y colado de trabe, las cuales serán diseñadas para unos claros de 35m.

- Para el transporte de traveses se deberá contemplar las siguientes consideraciones y actividades: carga de elementos, transporte conforme a la necesidad de la obra, rutas de transporte las cuales serán aprobadas por las instancias y autoridades, así como su tiempo de recorrido.
- Montaje de las traveses, para este procedimiento se revisará y mejorará el camino de acceso y/o plataformas de montaje para 2 grúas hidráulicas con capacidad entre 150 y 200 toneladas, requiriendo para cada plataforma un área de 15 x 15 m.
- Construcción de firme de compresión; una vez liberados los trabajos de armado y cimbrado se procederá a ejecutar los trabajos de colado del firme. El concreto hidráulico que se empleará será de un $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, el acero de refuerzo se habilitará previamente en el patio y se transportará por medio de camiones y contará con una resistencia de esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm^2 y será traslapado con alambre recocido N° 18. El concreto que sea aceptado en términos de especificaciones será colado a través de sistemas de bombeo y se realiza el vibrado de dicho concreto considerando la separación entre inmersiones del vibrador no será mayor a 40 cm, la penetración entre la capa inferior contigua previamente colada no sea mayor de 10 cm y el tiempo de vibrado es de 15 segundos como máximo por inmersión. Al final del colado el firme será curado mediante membrana de curado.
- Una vez establecidos los niveles y alineamientos se procederán a realizar el habilitado de acero refuerzo, instalación de drenes de tubería PVC conforme a lo establecido en el proyecto ejecutivo y los accesos para suministro eléctrico para posteriormente el cimbrado y colado de concreto.
- Habilitado y armado de parapetos de acuerdo a la Norma N-PRY-CAR-6-01- 003 para posteriormente aplicación de pintura para finalizar con su montaje.
- Colocación de la carpeta asfáltica en dos capas de acuerdo al espesor total de la carpeta, la primera capa como niveladora y la segunda de terminación para posteriormente iniciar la compactación utilizando un compactador de rodillo metálico hasta lograr como mínimo una compactación al 95% de su masa volumétrica máxima a continuación, se procede con una compactación por medio de un compactador neumático.

- Una vez terminados los trabajos de compactación se realizan las pruebas necesarias que aseguren la estabilidad de la mezcla asfáltica establecida en el proyecto y la norma SCT, N-CMT-4-05-003, conforme a lo señalado la norma N-CTR-CAR-1-04-006 y deberá cumplir con un máximo de 10% de permeabilidad y cumplir con la prueba de la regla de 3 metros con 5 milímetros en promedio de depresión como máximo.
- Para finalizar se procede a la colocación de las juntas de dilatación tipo Wosd 100, así como la instalación de luminarias, tubería de PVC y cableado eléctrico.

Figura 7. 18. Procedimiento constructivo fase 2



7.4.5.3 *Procedimiento constructivo del sistema Top Down*

El procedimiento constructivo es el siguiente:

- Armado del equipo Top Down el cual cuenta con una longitud de 200 m por lo cual durante la etapa de armado se utiliza un espacio 1.5 veces su longitud donde se colocarán las secciones de la estructura y equipos necesarios para su armado. El residente de construcción elabora un plan para la instalación de la estructura y las ubicaciones de las piezas de acuerdo al diseño del fabricante, indicando las zonas de carga y los ejes de lanzamiento del equipo en las diversas etapas de construcción “Cinemática de montaje”. Con apoyo de grúas hidráulicas de 200 ton se iniciará con el armado del sistema Top Down, el cual se realizará en etapas y de acuerdo al manual de instalación del fabricante.
- Previamente armado se traslada hasta la posición del eje de lanzamiento donde se ubicará con apoyo de equipo hidráulico el cual es parte del mismo Sistema Top Down.
- El movimiento hacia adelante o lanzado de equipo se realiza apoyando los marcos principales delanteros y traseros sobre vigas transversales colocadas sobre la estructura, posterior se elevan los marcos delanteros y se traslada el equipo hacia adelante quedando la viga en posición de cantiléver hasta llegar a la ubicación donde se bajarán los marcos secundarios.
- Posteriormente se arma y habilita la tubería ademe con base en los planos estructurales se realiza la geometría del elemento (longitud, peralte, ancho, esviajes, etc.), detalles de conexión y tipo de soldadura, los cuales son elaborados en planos de taller los cuales deberán contar con: Registro de calificación del Procedimiento de Soldadura PQR, Procederu Qualification Record, Registro de calificación del procedimiento, es la etapa previa antes de desarrollar el procedimiento WPS, Procedimiento de Fabricación para uniones soldadas WPS, Welding Procedure Specification, especificación del procedimiento de soldadura (material base, material de aporte, posición, diseño de junta, temperaturas, pre y post calentamiento, etc.) y WPQ, Welder Performance Qualification Record, Registro de Calificación del rendimiento del Soldador, soldador ha pasado satisfactoriamente una prueba práctica de habilidad para desarrollar un determinado WPS. de acuerdo con AWS D1.1-96, posteriormente se hacen los cortes de las dimensiones de la tubería y su ángulo de bisel, ensamble de

tubería fijación de puntos de soldadura, precalentamiento del metal base, aplicación de soldadura cumpliendo con los controles de calidad necesarios para su correspondiente transporte.

- Para el hincado del ademe metálico el sistema Top Down que se utilizará en el proyecto considera la utilización de equipo especial para la construcción de la infraestructura o pilas coladas en sitio, subestructura y superestructura, el cual consta de una estructura metálica de aproximadamente de 200 metros de longitud con capacidad para realizar un claro de 35m, sin embargo se tiene que realizar adecuaciones tales como: una plataforma de trabajo sobre dicha estructura metálica para alojar una perforadora de 60 toneladas de peso y capacidad para perforar pilas coladas en sitio de 1.50m de diámetro a una profundidad indicada en proyecto, previo y/o paralelo a este procedimiento se colocará un ademe metálico hincado hasta el estrato rocoso, esto con el objetivo de aislar el tirante de agua con el concreto fresco de la pila durante el proceso de colado.
- Los ademes de acero son hincados en el lugar, en la forma, elevación, profundidad y verticalidad conforme a lo establecido en el proyecto. Con el apoyo de topografía, durante el proceso de hincado de los ademes se lleva el control de verticalidad, nivel, longitud y golpes aplicados y se aplica el criterio de rechazo el cual es el siguiente:
 - a) Se cumple con el siguiente criterio de rechazo: 5 golpes/plg., para el martinete con una altura de caída de martinete en velocidad 3.
 - b) Si no se cumplen las dos condiciones del punto anterior, se proseguirá con el hincado de los ademes, incrementando el número de golpes del criterio de rechazo, hasta un máximo de 9 golpes/plg., o hasta alcanzar el nivel de desplante definido en el proyecto.
- Al terminar el proceso de hincado, se realiza los ajustes que necesarios en los tubos ya sean recortes si quedaron por encima del NIC o empates si quedaron por debajo.
- Con el hincado de los tubos ademe concluido se procede a la colocación de los elementos de perforación en el extremo de la viga autolanzable la cual debe tener la capacidad suficiente para realizar en una sola etapa la perforación de un barreno cilíndrico vertical.

- Perforación de las pilas desde la estructura del sistema Top Down hasta la profundidad de desplante con perforadora rotatoria, autopropulsada y autonivelable de manera continua y en una sola etapa, Durante la perforación se tomarán las medidas necesarias para minimizar la alteración del suelo adyacente al barreno. No se permitirá una desviación en la posición mayor a 10 cm ni sobre-excavacion mayor al 10% del diámetro.
- Durante la ejecución de las actividades de perforación, el material extraído es retirado del sitio de trabajo, transportándolo al sitio propuesto y aprobado.
- Para mantener la integridad de la excavación, el tiempo que transcurra desde el término de la perforación, hasta el colado de la pila, no debe ser mayor a 24 horas en ninguna circunstancia.
- Alcanzada la profundidad de desplante se verificará en laboratorio las propiedades de dicho estrato.
- Una vez terminada la perforación de cada pila se coloca dentro de este el acero de refuerzo realizado previamente en el patio de habilitado, con una grúa estructural habilitada sobre el sistema Top Down, la cual también se utilizará en el colado de las pilas.
- El armado es llevado al sitio de colocación por medio de transportes del patio de armado hasta el área de carga del sistema de acuerdo a la cinemática establecida para los trabajos de cimentación, este armado llevara sus separadores plásticos o de concreto, para garantizar los recubrimientos tanto en el fondo, como en las paredes del pilote hincado, el armado es introducido con grúa y fijado al tubo con personal.
- El procedimiento de colado de pilas inicia posterior a colocar el acero de refuerzo dentro de la perforación, mediante una liberación para el colado donde se colocan los niveles de perforación tipo de pila, ubicación y características del armado colocado.
- La planta de premezclado enviara el camión llamado olla con concreto premezclado el cual cumple con las características indicadas establecidas, como del camión bomba, estos se posicionarán en la parte del patio de carga del sistema Top Dow de acuerdo a la cinemática de construcción de pilas se bombeará el concreto premezclado a través de tubería hasta la ubicación de la pila a colar.

- Iniciado el colado, bajo ninguna circunstancia se suspenderá por un periodo mayor a 30 min hasta que se garantice que la superficie de concreto sano se encuentre 50 cm por arriba del nivel superior de proyecto de la pila, verificar que el revenimiento sea el adecuado, entre 18 y 20 cm como mínimo, Además, La operación del colado debe de realizada en forma continua, para evitar que, durante los lapsos de espera, el concreto inicie su fraguado y se provoquen taponamientos y/o juntas frías.
- Una vez culminados los trabajos de colado de las pilas y que se haya alcanzado la resistencia de proyecto, se procederá con el descabece mediante equipo neumático y se procederá a realizar los trabajos de construcción de las columnas y cabezales.
- Colocación de acero de refuerzo de la columna, cimbra y por último la colocación del concreto.
- Para la construcción de los cabezales se debe tener en cuenta varios aspectos en cuestión del acero estructural: verificar que el acero de refuerzo corresponda al grado requerido por el proyecto, durante la colocación o armado del acero de refuerzo en sitio, el responsable deberá respetar la posición, orientación, diámetro y longitud indicados en planos estructurales. En todos los dobleces para anclaje o cambios de dirección en varillas deberá un pasador adicional de diámetro igual o mayor que el diámetro de la varilla. No se debe efectuar traslapes en la zona de unión ni a L/5 de cualquier elemento, en traslapes de varillas se deberá colocar 2 estribos adicionales.
- Teniendo completo el acero de refuerzo del cabezal, se continua la colocación de los tableros de cimbra, se utiliza un sistema de cimbra con obra falsa hermética que será diseñado para cumplir con las características geométricas del proyecto.
- Una vez liberados los trabajos de armado y cimbrado, se procederá a ejecutar los trabajos de colado del cabezal, el cual deberá ser suministrado el concreto desde la planta lo más rápido y directo posible para preservar la consistencia y la temperatura del mismo. El vaciado del concreto será a través de sistemas de bombeo evitando que el concreto se disgregue conforme a las normas y especificaciones aplicables para los procesos de colocación de concreto y con una operación continua de suministro y colocación hasta completar el elemento, se utilizará un aditivo para juntas de construcción, con el propósito de evitar problemas debido a juntas frías y se realizara el correcto vibrado el cual no será mayor a 40 cm la separación entre inmersiones, la

penetración entre la capa inferior contigua, previamente colocada no sea mayor de 10 cm, el tiempo de vibrado es de 15 segundos como máximo por inmersión, el radio de acción del vibrador es de 3 a 5 veces el diámetro del vibrador y por última el vibrador se debe penetrar $1 \frac{1}{2}$ veces el radio de acción para consolidar el concreto adecuadamente.

- El retiro de la cimbra se realizará una vez alcanzado el 80% de la resistencia de concreto especificada en el proyecto ejecutivo y se inicia con el retiro de las caras laterales y el fondo del sistema de cimbra con apoyo de grúa, barcaza y remolcador. En caso de existir alguna deformación o daño en alguna parte del elemento, la zona por reparar se limpia de impurezas y partes sueltas, se aplica un resane con una mezcla del mortero de alta resistencia y con el procedimiento autorizado para la reparación de elementos de concreto se realiza la operación.

- Concluidos y liberados los trabajos de la subestructura, se realizará el montaje de las trabes por medio de Top Down que consiste en transportar las trabes desde los patios de fabricación hasta los apoyos en los que se requiere montar la superestructura debiendo cumplir con una serie de protocolos y secuencias de trabajos a ejecutar, cumpliendo con los siguientes puntos:
 - Para el proceso de traslado se necesita verificar que no existan interferencias aéreas ni superficiales.

 - Ubicando la pieza a transportar se procede a preparar la trabe para su transporte por medio de un dispositivo el cual sirve de soporte lateral.

 - Para la carga se deberá utilizar grúas y/o pórticos con la capacidad adecuada para realizar la maniobra de izaje y colocación en el transporte respetando su orientación.

 - En el proceso de traslado se debe definir posibles rutas de circulación, así como dependiendo del reglamento de tránsito local será necesario monitorear horas favorables para el traslado.

- El montaje de las trabes consiste en transportar las trabes por el método de Top-Down, para realizar este movimiento, el equipo se apoyará en los cabezales construidos trasladando las trabes de la parte posterior al claro a montar, utilizando las grúas con

las que cuenta el equipo. Colocando rieles para el desplazamiento de los mecanismos (trolleys) sobre el claro anterior, se moverán las traveses una vez descargadas del patio de fabricación, para trasladar la pieza hasta las grúas del equipo Top Down, estos rieles se irán moviendo sobre los tramos que se vayan terminando y así sucesivamente al ir avanzando con el montaje.

- El firme de compresión es el último proceso constructivo de la superestructura previo a la pavimentación y reciben a la carpeta asfáltica, guarniciones y banquetas, el cual consta del armado, cimbrado y colado de elementos que se mencionaran a continuación. Los trabajos de armado y cimbrado del firme de compresión, se realizarán en la base de las traveses cajón. Los trabajos de cimbrado se ejecutarán en las fronteras laterales del firme de compresión. El acero de refuerzo se habilitará previamente en el patio y se transportará por medio de camiones con plataforma hasta su disposición en la obra.
- Una vez culminados los trabajos de armado y cimbrado se procederá a ejecutar los trabajos del firme de compresión el cual también será vibrado considerando los puntos anteriores de vibración. Una vez terminado el colado completo el firme de compresión se curará mediante membrana de curado, para evitar que el elemento pierda humedad.
- Para la construcción de guarniciones se deberá respetar los puntos establecidos en la norma SCT “N-PRY-CAR-6-01-002/01” y en la Norma SCT “N-CTR-CAR-1-02-010/00”.
- Al construir los parapetos sus componentes se diseñarán de acuerdo con el tránsito esperado de vehículos, tomando en cuenta la protección de los ocupantes de un vehículo que choque contra el parapeto, de los vehículos próximos a la colisión, de los vehículos y peatones que circulen por un camino inferior, así como la visibilidad de los conductores y la buena apariencia del parapeto.
- Los parapetos para vehículos deben ser capaces de resistir cargas establecidas en la Norma N-PRY-CAR-6-01-003, aplicadas en todos los sitios posibles, garantizando la continuidad estructural entre todos sus elementos.

- Para finalizar se procede a la construcción de los pavimentos, juntas de dilatación y barreras centrales, el riego de impregnación será por medio de una petrolizadora según lo establecido en el proyecto y/o lo indicado por la norma SCT, N-CTR-CAR-1-04-004, el cual se aplicará uniformemente sobre la superficie por cubrir. El riego de liga por medio de una petrolizadora según lo establecido en el proyecto y/o lo indicado en la norma SCT, N-CTR-CAR-1-04-005/00, el cual debe ser aplicado sobre la superficie.
- En las juntas de dilatación tipo WOSD 100 comenzara con el marcado y replanteo de los límites de la junta a ambos lados de su eje. Corte del pavimento con máquina de disco de diamante. Demolición del aglomerado asfáltico que queda entre los cortes realizados. Colocación de acero de refuerzo en la zona en donde se realizará el anclaje de la junta, una vez teniendo el acero de refuerzo en la ubicación que marque el proyecto, se procede a la colocación de la junta de dilatación, realizando el anclaje pretensando entre el acero de refuerzo y los perfiles extruidos de la junta de dilatación. Se colocan estabilizadores por encima de la junta para que esta no sufra movimientos durante los trabajos de colado. Se ejecuta el colado con concreto hidráulico del cajado a modo de recrecido o nivelación, quedando una superficie perfectamente plana y nivelada y posteriormente la colocación de pernos de anclaje, colocación de tubería PVC, cableado eléctrico y luminarias.

7.4.5.4 Sistema Semi-Top Down con Jack Up (Zona Cuerpo de Agua)

El desarrollo del sistema constructivo “Semi Top-Down con Jack Up o barcazas” se implementará en el tramo del Cuerpo de Agua del puente, con una longitud de 6.72km, siendo el tramo más largo del proyecto. Generalmente está formada por tres patas que soportan una cubierta flotante las cuales se fijan el fondo marino y la cubierta se desliza sobre ellas colocándose al nivel de la superficie del mar.

Dicho sistema está delimitado por la profundidad de las aguas someras, controlando el acceso mediante medios marinos, cuyo tamaño y capacidad están restringidos. Cualquier embarcación propuesta debe de tener como máximo un Calado de 2 mts.

Se considera que dicho sistema sea hibrido y se combine con el proceso constructivo “Top-Down”, con ello se pretende maximizan los tiempos de ejecución de los trabajos, planificando las soluciones que permitan avanzar en trabajos del pilotaje y la subestructura

de forma independiente en relación con la lanzadera, con ello se tendrá la opción de abrir varios frentes del proyecto.

Tiene como ventajas:

- A abrir un nuevo frente de construcción en paralelo con la construcción de los tramos este y oeste.
- Al no estar limitado el claro por la ejecución de la cimentación desde el extremo de la viga lanzadora, se puede aumentar el claro, disminuyendo así el número de cimentaciones y de ciclos a realizar. Con las consiguientes ventajas de menor afección al lago y de reducción de plazo.
- Se considera deseable, con el fin de acelerar la construcción, plantear soluciones que permitan ejecutar el pilotaje y la subestructura de forma independiente de la lanzadera como es el sistema constructivo “Semi Top Down” con Jack up para cimentación y viga lanzadora para superestructura a través de barcazas especializadas.
- La ventaja del sistema es que permite abrir un nuevo frente de construcción en paralelo con la del desarrollo de otros tramos del proyecto, además que permite aumentar el claro hasta 42 m, al no estar limitado por la ejecución de la cimentación desde el extremo de la viga lanzadora, disminuyendo el número de cimentaciones y de ciclos a realizar, con las consiguientes ventajas de menor afección a la laguna.

7.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Se han planteado 4 escenarios de trazo para el proyecto. Para seleccionar el que tenga mayor viabilidad ambiental con el menor impacto posible.

Los cambios en el trazo del proyecto se realizaron considerando la afectación mínima al ecosistema.

Entre la definición de criterios para la selección del trazo y diseño del proyecto, se encuentran los siguientes:

- a. menor afectación al manglar (nivel de individuos),
- b. afectación de áreas con menor valor ecológico o mayor grado de deterioro,
- c. menor superficie de afectación al polígono de Acuerdo de Destino,
- d. dados los problemas de Tajamar, el trazo debe estar fuera del área de restricción señalada por la resolución judicial que existe al respecto,
- e. menor efecto de fragmentación en el ecosistema y;
- f. mejor escenario para la rehabilitación y mejoramiento del humedal.

Se calculó la densidad media de individuos por hectárea de acuerdo con el tipo de manglar, con lo que se estimó el total aproximado de individuos con impacto directo con base en la distancia entre eje (35-42 m), el número de pilas por eje (3) y la superficie por pila (2.1 m²).

Se llevó a cabo un análisis de imágenes multiespectrales, obtenidas de un levantamiento con dron, a 80 m de altura, y una imagen satelital de 0.5 m de resolución espacial, para evaluar los tipos y condiciones ambientales del manglar. Para determinar su extensión, se realizó un análisis y clasificación de los tipos de vegetación del área de influencia del proyecto, con verificación en campo de la estructura arbórea y especies dominantes.

Además, al considerar que el proyecto implicará la pérdida de individuos de manglar, se plantea una medida de mitigación que genere un impacto neto cero o positivo, para ello, se contempla la elaboración de un Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental del Manglar para la zona de influencia del proyecto (Capítulo 6). Con la finalidad de revertir el impacto por la pérdida de individuos hacia un esquema en el que a través del mejoramiento hidrológico (microcanales) y acciones de reforestación, no sólo se recuperen los individuos perdidos sino se incremente en forma notable la densidad del humedal, así como los bienes y servicios ambientales que presta.

Figura 7. 19 Propuesta 1

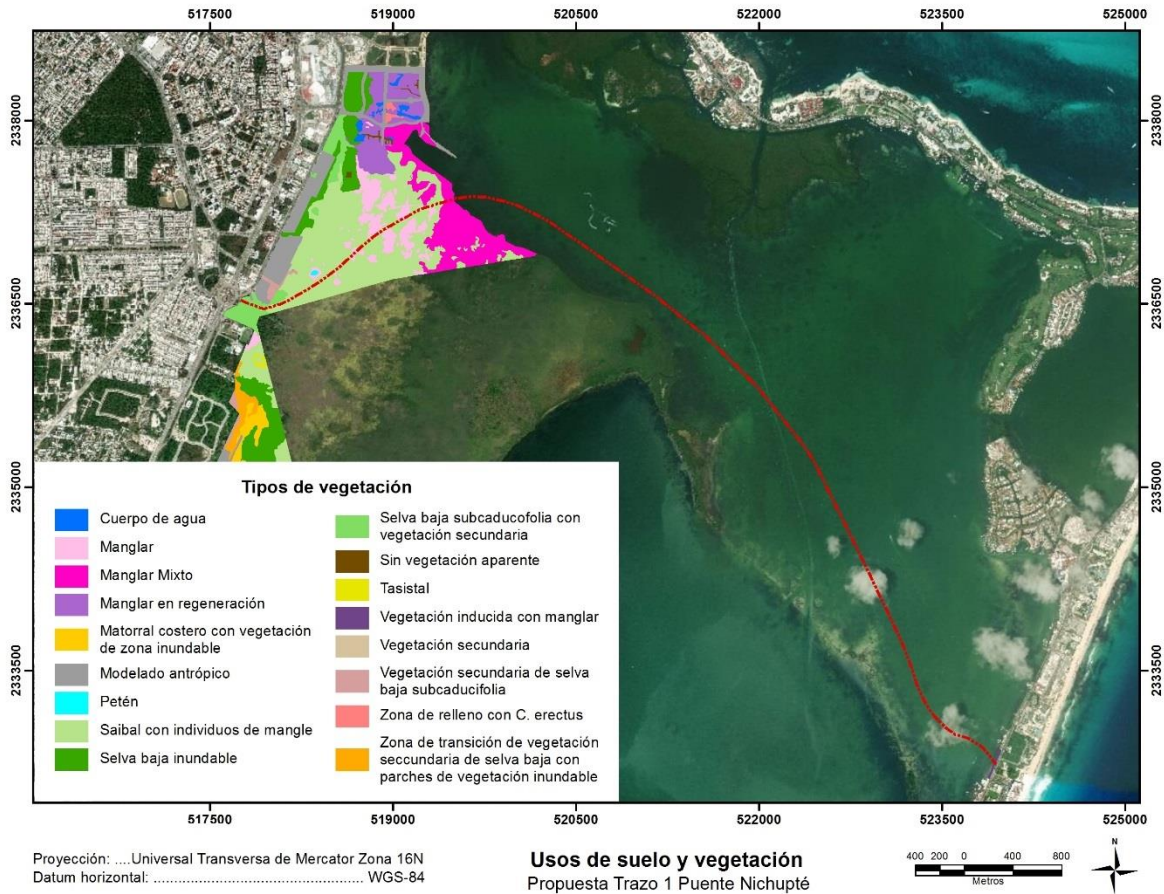


Figura 7. 20 Propuesta 2

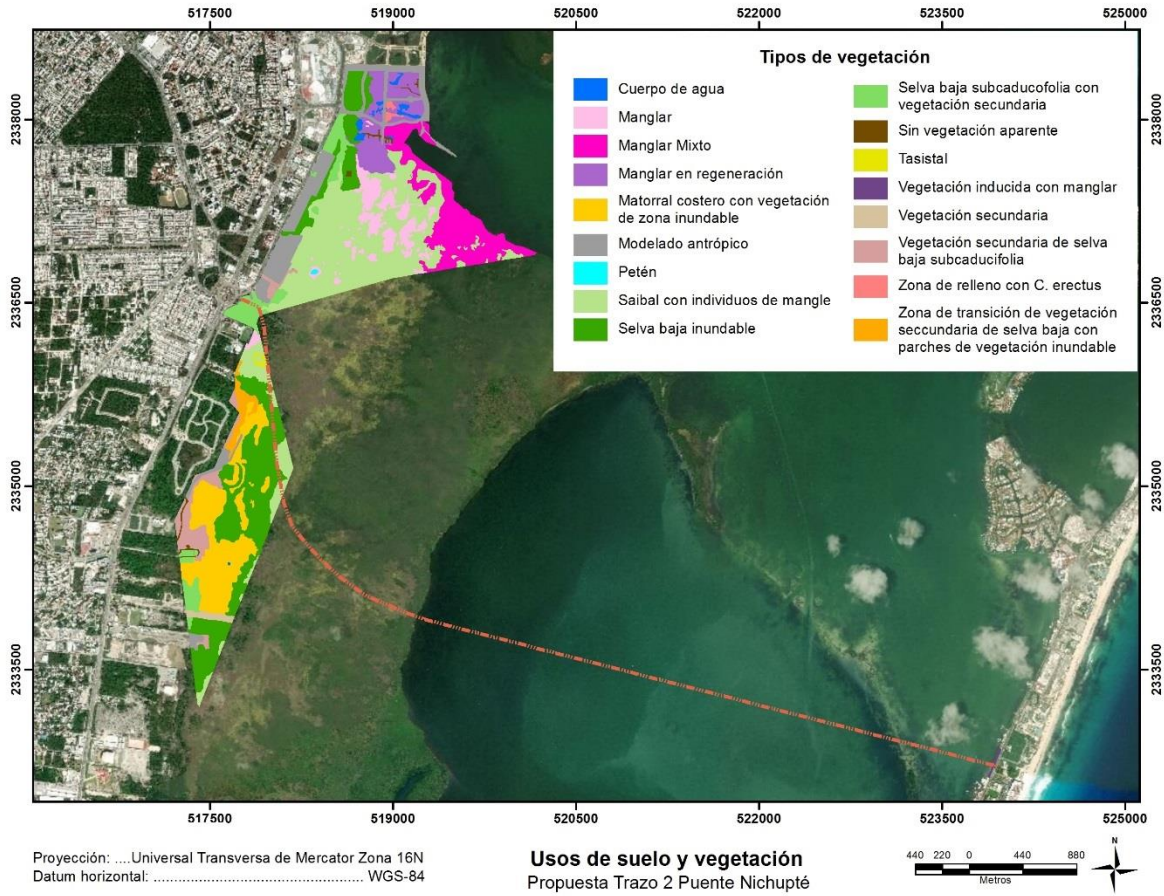
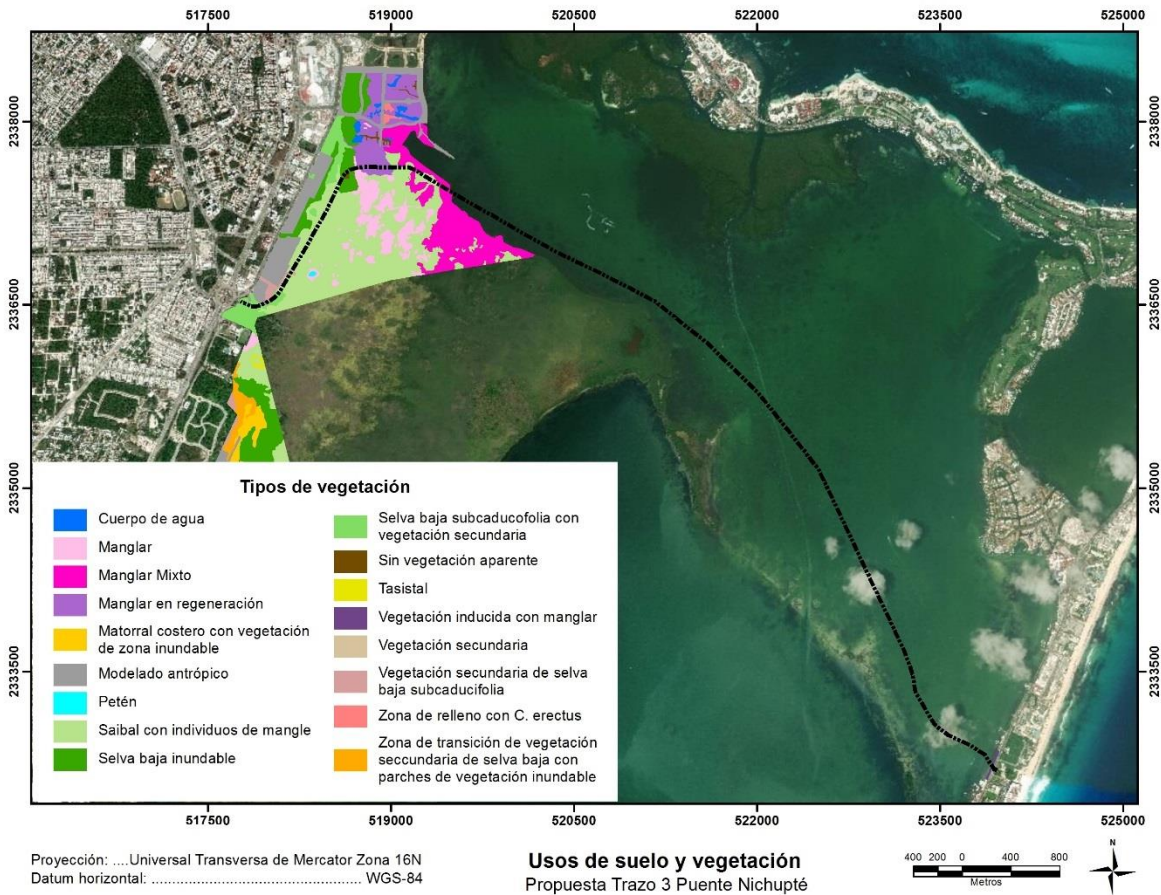


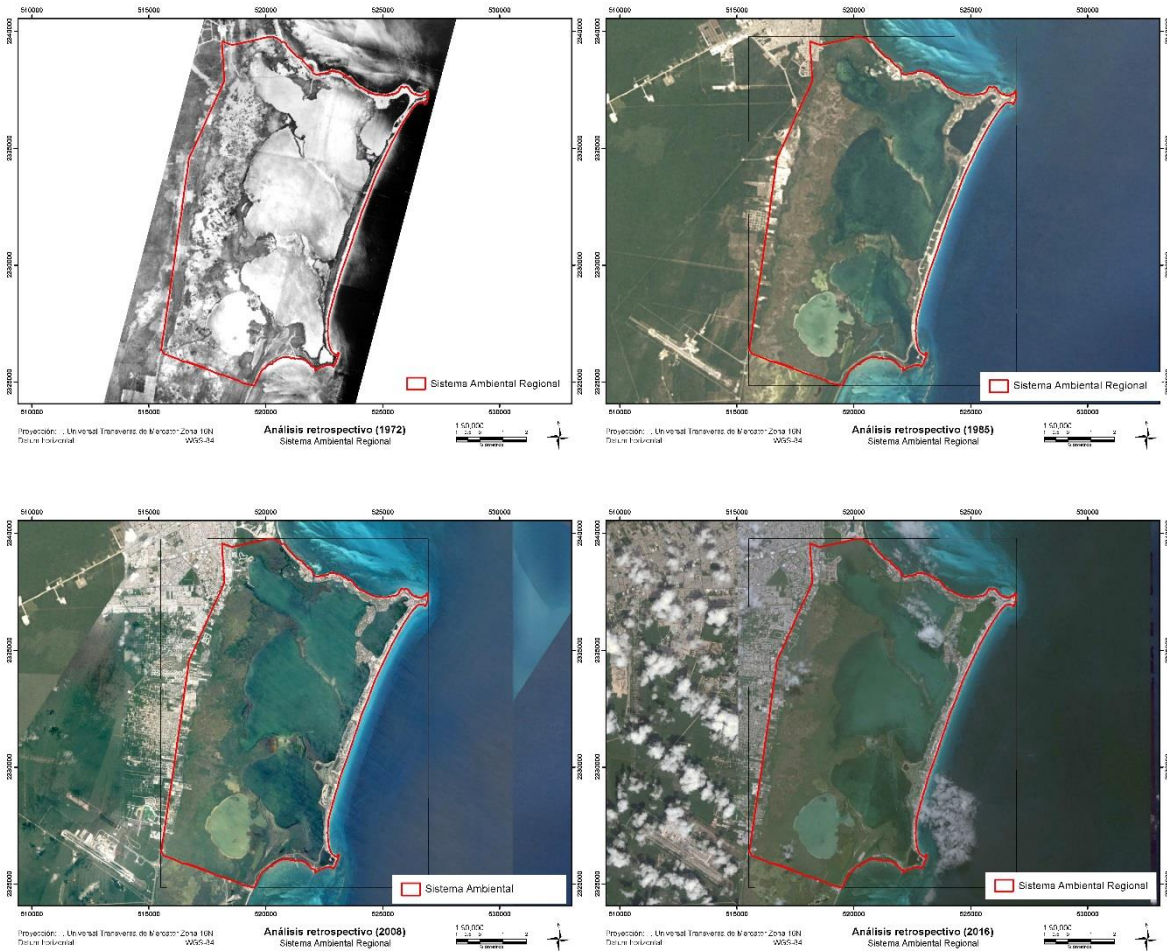
Figura 7. 21 Propuesta 3



A partir de la información del [REDACTED] con respecto a la vegetación de manglar y su vigorosidad, se realizó un análisis histórico para identificar eventos que pudiesen haber afectado la zona (Anexo Capítulo 4). Se observó que el área del trazo propuesto, ha estado sujeta a cambios en su cobertura a través del tiempo. Se reconoce que no se trata de vegetación primaria o prístina.

El trazo se ubica dentro de dos pequeñas secciones (403 mts) dentro del polígono del proyecto ECOPARK y en algunas secciones dentro del polígono del Acuerdo de Destino (1,205 mts) y transcurre sobre el predio de San Buenaventura que es propiedad del FONATUR, por lo tanto, se establecerán acuerdos con el Patronato ECOPARK, CONANP y otras instancias para poder implementar el ya mencionado Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental del Manglar.

Figura 7. 22 Análisis retrospectivo



El manglar con vigorosidad moderada es el de mayor extensión sobre el área de estudio y es sobre esta categoría donde principalmente se ubica el trazo D, además de ser las zonas con mayor afectación debido a trabajos de relleno que se hicieron en años anteriores al norte del sistema (Figura 7. 24).

Figura 7. 23 Condición del manglar

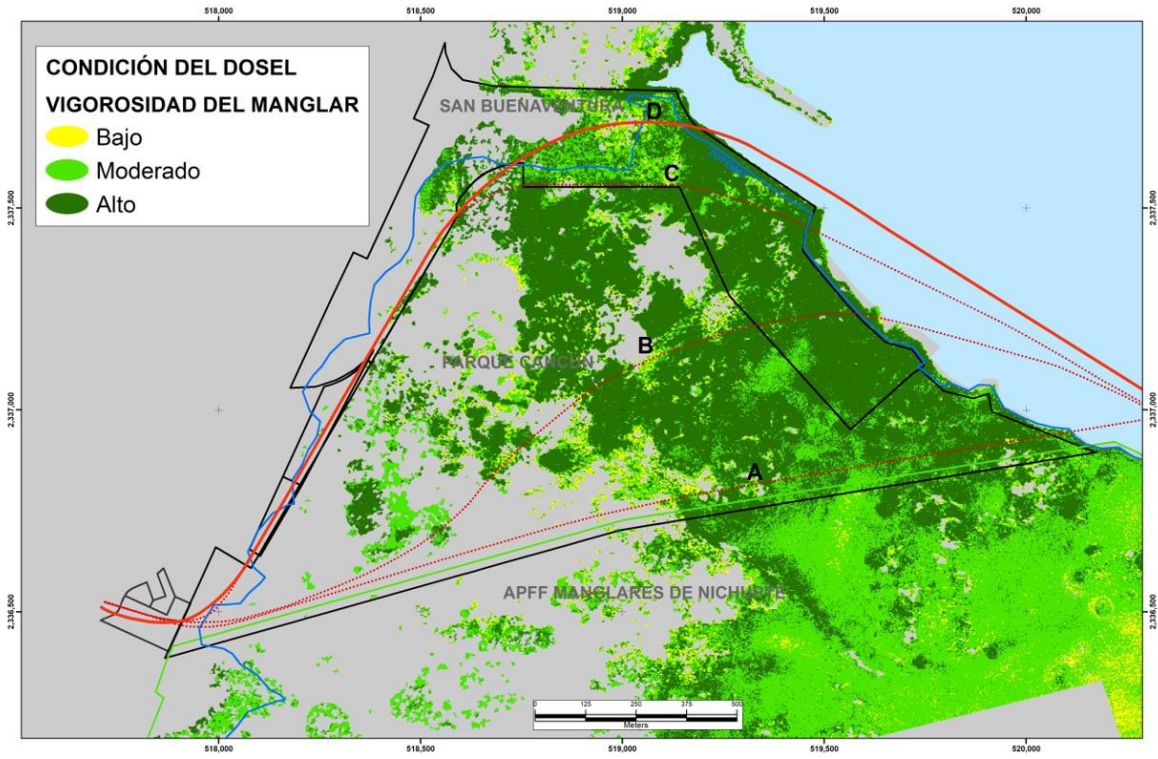
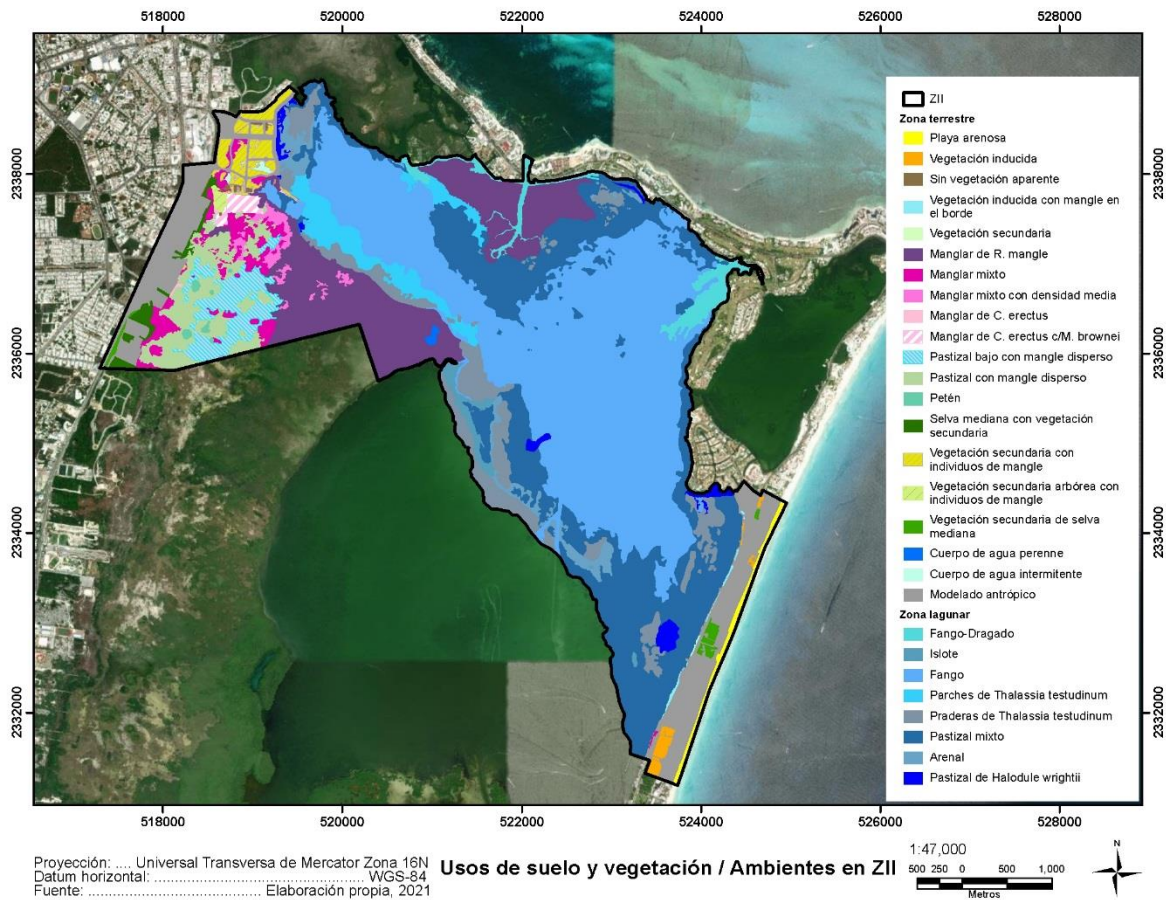


Figura 7. 24 Usos de suelo y vegetación con el proyecto propuesto



Como se muestra en la Figura 7. 24, al quedar exento el núcleo del área, se presenta un mejor escenario para la rehabilitación y el mejoramiento del humedal; así como, la mayor parte del manglar que cruza el trazo D es de tipo secundario, sobre un área donde se acumuló material de relleno; y por último, al rodear la cuenca, el trazo evita la fragmentación.

7.6 ESCENARIO FUTURO

El proyecto contempla, como medida de compensación, la implementación de un Programa de rehabilitación hidroecológica en una sección del humedal al norponiente del SLN. Este programa se presenta en el capítulo 6 como un Plan de mejoramiento ambiental, el cual, de ser aprobado el Proyecto se convertirá en un proyecto ejecutivo, respaldado por estudios adicionales a los presentados en este capítulo, para promover la mejora hidrológica en una sección del humedal que ha sido alterado en alrededor de 306.6 ha. Esto, con la finalidad de incrementar los bienes y servicios ambientales del humedal a través de la creación

de las condiciones para desarrollar un manglar de borde en lugar del manglar de cuenca existente, el cual, cumple con menos servicios ambientales por carecer de las condiciones óptimas para un mejor desarrollo, como parte de dichas actividades se contemplará la producción de individuos de mangle principalmente a partir de esqueje o hipocótilos en el caso del mangle rojo y otras especies del humedal si así fuera indicado por los especialistas. Estas acciones incrementarán la cobertura vegetal del manglar al promover mejores condiciones para su desarrollo óptimo, por lo que, la cantidad de individuos por especie como parte de la reforestación final serán mayores que los estimados en la tabla. Los detalles se pueden consultar en el capítulo 6 y anexo que lo acompaña.

7.7 SISTEMA DE GESTIÓN ADAPTATIVO PARA LA SOSTENIBILIDAD (SGAS) DEL PUENTE VEHICULAR NICHUPTÉ

El SGAS del Proyecto funciona a partir de Programas, definidos como series ordenadas de operaciones o actividades, orientadas a cumplir las obligaciones en materia ambiental y atender los impactos negativos identificados en cada una de las etapas del Proyecto. Cada Programa engloba a su vez series más pequeñas de acciones dirigidas hacia un objetivo particular denominadas Subprogramas.

El SGAS, está conformado por 10 programas y 25 subprogramas, el eje central es el Programa de Supervisión Ambiental, del cual se desprende el Programa de Supervisión Ambiental, este funciona como un mecanismo de regulación, verificación y supervisión del resto de los programas, para garantizar su funcionamiento y mejorar su efectividad. A la par de esta supervisión, se contempla la posibilidad de contar con una supervisión externa por parte de un comité asesor externo, integrado por diferentes instancias competentes para tal fin. El resto de los Programas y sus respectivos subprogramas contienen medidas que inciden directamente sobre alguno de los impactos identificados, así como medidas que se enfocan en generar conciencia en los actores que producen dichos impactos y así disminuirlos por lo que se les llamará “de acción” (Tabla 7. 4).

Tabla 7. 4 Conformación del SGAS del proyecto Puente Vehicular Nichupté.

CVE.	PROGRAMA	CVE.	SUBPROGRAMA
PSGA	SUPERVISIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL	SSGA	Supervisión y Gestión Ambiental
		SCA	Cumplimiento Ambiental
PMIV	MANEJO INTEGRAL DE LA VEGETACIÓN	SMAC	Manejo de Áreas de Conservación
		SRMV	Rescate y Manejo de Vivero
		SRAAT	Reforestación de Áreas de Aprovechamiento Temporal
PMIF	MANEJO INTEGRAL DE FAUNA	SMRF	Manejo y Rescate de Fauna
		SCFyFIT	Control de Fauna y Fauna de Importancia Toxicológica
PMIR	MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS	SRSUyME	Residuos Sólidos Urbanos y Manejo Especial
		SRLS	Residuos Líquidos y Sanitarios
		SRP	Residuos Peligrosos
PMA	MONITOREO AMBIENTAL	SMV	Monitoreo de la Vegetación
		SMF	Monitoreo de Fauna
		SMSLyBA	Monitoreo del Sistema Lagunar y Biota Acuática
		SMFQA	Monitoreo Físico-Químico del Agua
		SMS	Monitoreo de los Sedimentos
		SMHL	Monitoreo de Hidrodinámica Lagunar
		SMILS	Monitoreo de la Incidencia de Luz Solar
		SICA	Información y Capacitación Ambiental
PGS	MANEJO Y GESTIÓN SOCIAL	SDA	Difusión Ambiental
		SSA	Señalización Ambiental
		SGS	Gestión Social
		SSS	Salud y Seguridad
PSACA	SEGURIDAD Y ATENCIÓN A CONTINGENCIAS AMBIENTALES	SPMC	Prevención y Manejo de Contingencias

CVE.	PROGRAMA	CVE.	SUBPROGRAMA
PRMAAM	PROGRAMA DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO AMBIENTAL DE ÁREAS DE MANGLAR	SRMAM	Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar
PVA	VIGILANCIA AMBIENTAL EXTERNA	SVA	Vigilancia Ambiental
PPRPM	PILOTO PARA LA RECUPERACIÓN DE PASTOS MARINOS		

7.8 CONCLUSIONES

El Proyecto implementará medidas preventivas, de mitigación y compensación necesarias, adecuadas y suficientes para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente que pudiera ocasionar su desarrollo.

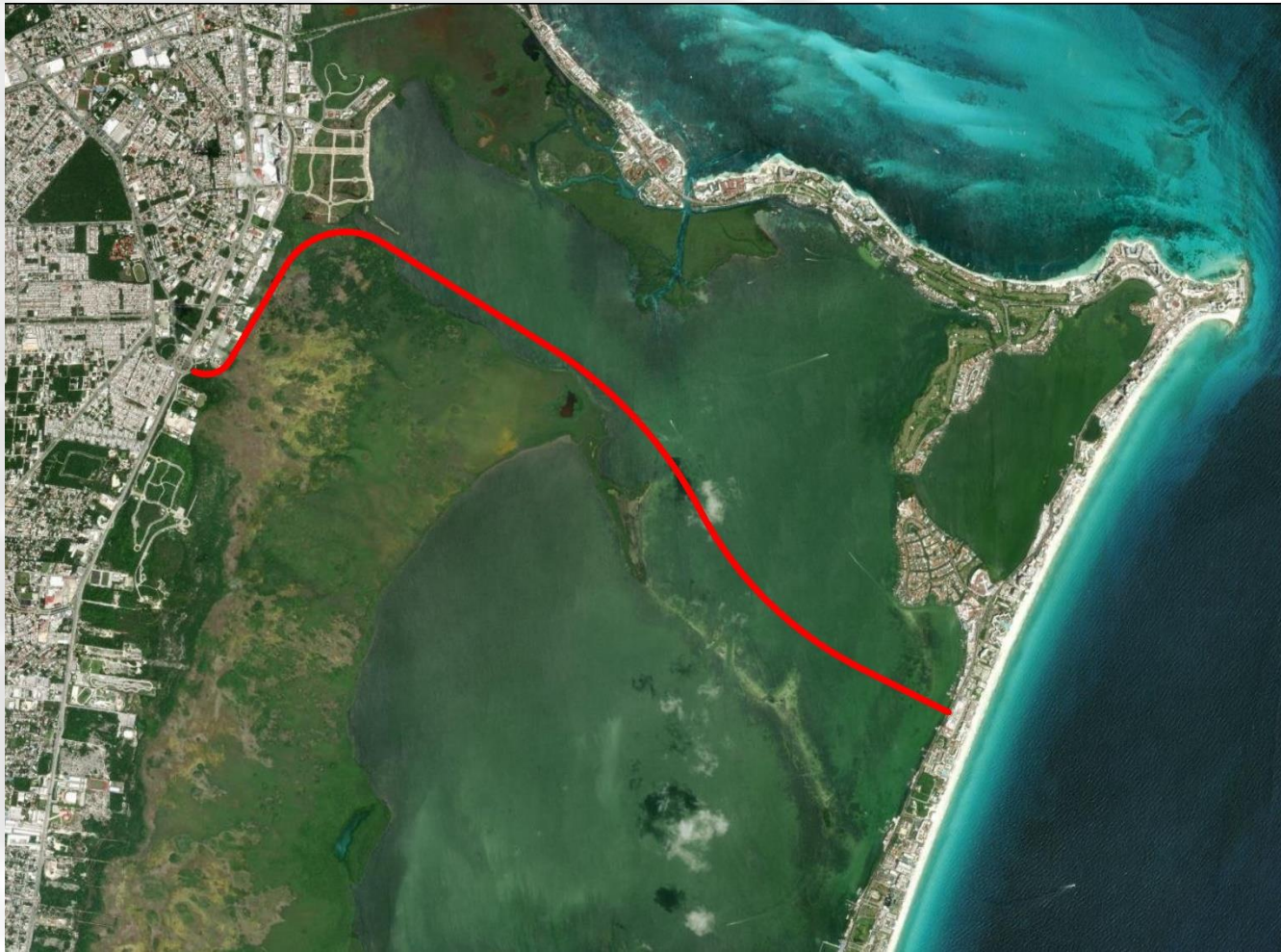
El proyecto considera la implementación de un SMAGS mediante el cual se mitigarán los impactos ambientales identificados y evaluados y contribuirá a la reducción regional de los impactos residuales, acumulativos y sinérgicos de la región.

El proyecto se ajusta a lo establecido en el artículo 35 de la LGEEPA respecto a que la presente MIA-R y en particular la identificación y evaluación de impactos presentada, evidenció que los posibles efectos de las actividades del proyecto no pondrán en riesgo la estructura y función de los ecosistemas presentes, sino al contrario, rehabilitará ecosistemas afectados por condiciones naturales y los protegerá de los fenómenos naturales de la región.



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



CAPÍTULO 8

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTA LOS RESULTADOS DE ESTA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

CAPÍTULO 8 IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTA LOS RESULTADOS DE ESTA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

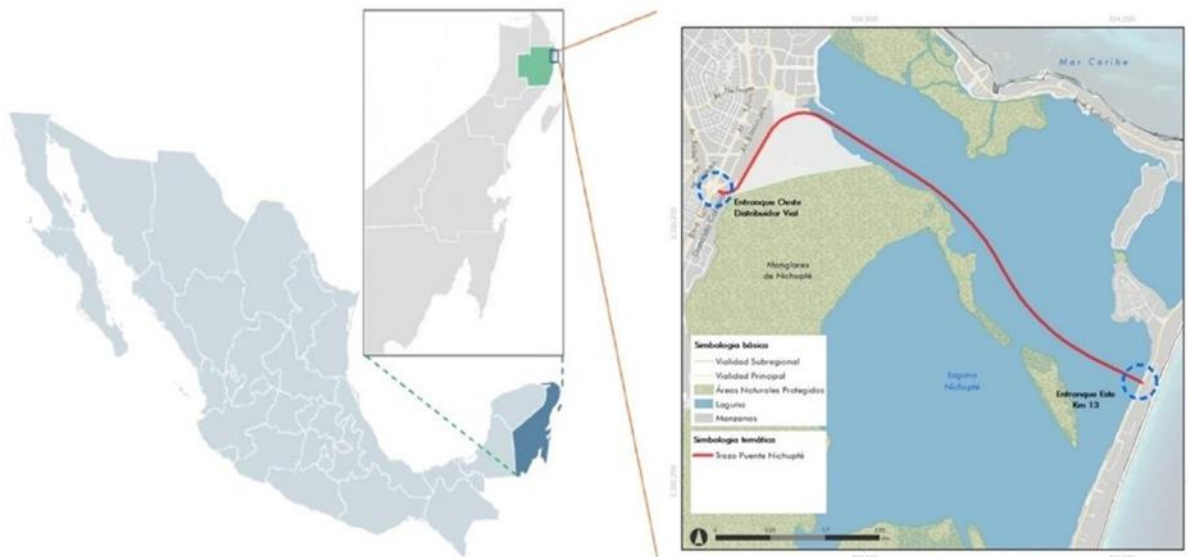
8.1 INTRODUCCIÓN

La fracción VIII Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente señala que se deben identificar los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información presentada en la MIA-R, en atención a esta disposición, en este capítulo se presenta una descripción sintética de las estrategias metodológicas y técnicas especializadas empleadas, las cuales sustentan los resultados, interpretación, evaluación y conclusiones del desarrollo del Proyecto.

8.2 ÁREA DE ESTUDIO

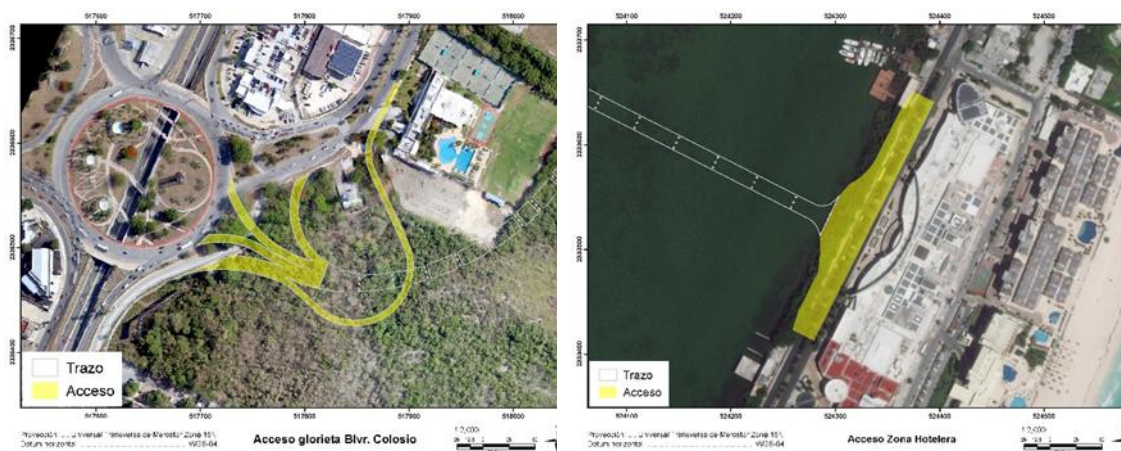
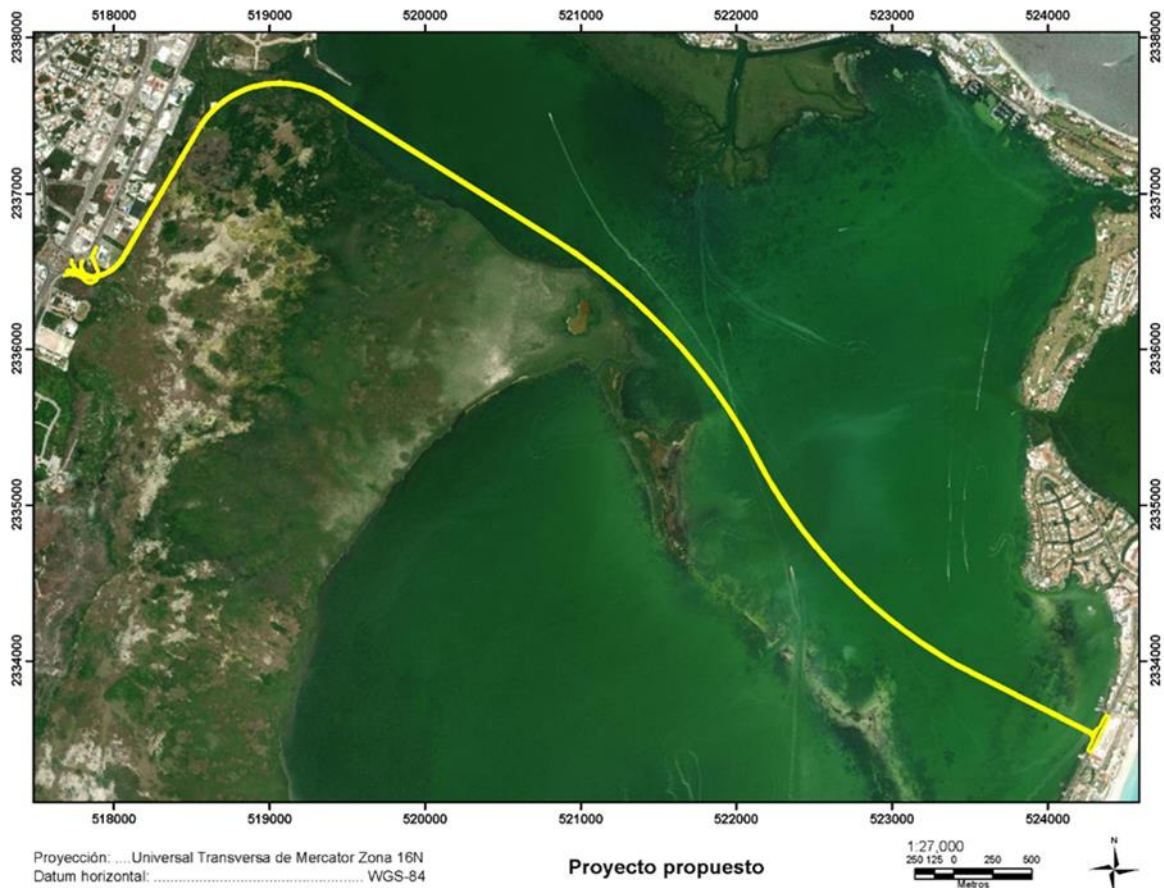
El Proyecto, se localiza en la ciudad de Cancún, municipio Benito Juárez al norte del estado de Quintana Roo (**Figura 8.1**). cruza la laguna Nichupté en sentido sureste – noroeste. El entronque sureste es a la altura del Km 13 de la Zona Hotelera, el opuesto es el denominado distribuidor vial Kabah, denominado Monumento Antigua Torre de Control. Tiene una longitud de 8.8 Km y un ancho de 14.9 m (**Figura 8.2**).

Figura 8.1. Localización del proyecto Puente Vehicular Nichupté.



Fuente: (AGEPRO, 2021).

Figura 8.2. Trazo de El Proyecto.



Fuente: GPPA con datos de AGEPRO, 2021.

8.3 CARTOGRAFÍA

Toda la información cartográfica que se ha incorporado en cada capítulo a lo largo de la manifestación de impacto ambiental ha sido generada para el proyecto a partir de diversas fuentes, usando como base, datos puestos a disposición del público, entre ellos: INEGI, CONABIO, CONANP, SEMA Quintana Roo, Ayuntamiento Benito Juárez. Los estudios realizados por los especialistas y técnicos, tuvieron también como base, la información pública disponible, así como la que cada uno generó a partir de los resultados de su trabajo de campo y análisis correspondiente de la información. Toda la

cartografía incluida en los diferentes capítulos está disponible en formato jpg, información especial se encuentra disponible en formato dwg y shp.

8.4 PLANOS

Los planos elaborados para el proyecto están debidamente referenciados y se incluyen en el Anexo cartográfico que acompaña esta MIA-R, en forma digital en los formatos dwg, shp y jpg, así como los correspondientes en formato impreso.

8.5 FOTOGRAFÍA

La fotografía aérea, fue una herramienta que sirvió de soporte para la obtención de información más detallada, principalmente con respecto a la vegetación en el área de influencia directa del Proyecto, debido a su alta calidad y detalle. Este material se ha incorporado al anexo cartográfico.

8.6 METODOLOGÍAS

A continuación, se describe cada una de las metodologías empleadas para la obtención de información de cada uno de los estudios técnicos que se presentan de manera particular en el capítulo 4 y sus anexos correspondientes, los cuales brindan el soporte técnico y científico que requiere el Proyecto a lo largo de sus diferentes etapas. Se presentan en el orden en que se incorporaron en el capítulo 4 de esta MIA-R.

8.6.1 Fotografía aérea

La toma de imágenes se realizó con una cámara digital multispectral de formato pequeño con la mayor resolución disponible, montada sobre una avioneta equipada, para el procesamiento se utilizaron programas fotogramétricos de alta eficiencia de última generación y se optimizaron los procedimientos de vuelo para aprovechar al máximo las ventajas de estas tecnologías.

Se establecieron puntos de control terrestre. El vuelo se realizó en junio de 2019, la resolución resultante de los ortomosaicos fue de 0.33 m.

El formato de las imágenes fue: Imágenes RGB capturadas en formato JPG, resolución completa, mínima compresión disponible, mínimo postproceso disponible. Las imágenes en color se procesaron para mejorar el color, el contraste, reducir los efectos de la bruma y de incidencia de iluminación solar. La geometría se mantiene inalterada en todos los casos.

Proyección: UTM, Zona 16N

Datum: WGS84

Los detalles se presentan en el **Anexo 4.1 Fotografía aérea digital**.

8.6.2 Caracterización hidrológica

Los detalles del estudio correspondiente se presentan en el **Anexo 4.2 Caracterización hidrológica**.

8.6.2.1 Interacción hidrológica de la laguna

Se caracterizó la calidad hidrológica ambiental asociada con el Proyecto, se realizaron perfiles de salinidad; uno de los elementos más importantes y más ampliamente utilizados en este tipo de estudios para determinar y caracterizar el avance de la salinidad es la conductividad eléctrica (CE). Esta unidad se basa en que, a mayor salinidad en el agua, mayor capacidad de conducir la energía eléctrica, por lo tanto, un agua con baja salinidad tiene una baja CE y a la inversa, alta salinidad, alta CE. Este parámetro se expresa en mS/cm ($1 \text{ mS/cm} = 10^{-6} \text{ S/cm} = 10^{-6} \text{ mhos/cm}$), es un parámetro representativo de la salinidad teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los parámetros registrados sirvieron para generar dos gráficas que serán interpretadas en gabinete para obtener los espesores de calidad de agua para cada estrato que se reconozca.
- Se generó el modelo de salinidad del litoral y la interacción del flujo marino hacia el continente, su hidrogeoquímica (obtener calidad del agua). Todo ello como nivel de referencia ambiental del sistema.

8.6.2.2 Datos climatológicos

Se recopiló la información climatológica de la estación Cancún, ubicada cerca de la zona de proyecto y representativa de las condiciones climáticas. La estación Cancún es la más cercana al proyecto; se localiza en las coordenadas 21°09'24.12 de latitud Norte, y 86°49'13.08" de longitud Oeste, a 2.6 km al Norte del sitio de proyecto.

A partir de los datos de la estación climatológica se obtuvo información para determinar lo siguiente: precipitación, temperatura, evaporación potencial, evaporación real adoptada, vientos dominantes, dirección del viento, humedad relativa y absoluta o radiación solar.

8.6.2.3 Hidrografía de la zona del Proyecto

El Proyecto Nichupté se localiza en la región hidrológica denominada 32 A-Quintana Roo (INEGI). La cuenca 32 A se ubica al norte del estado, ocupa 31 % de su superficie e incluye las islas de Cozumel, Mujeres y Contoy; tiene como límites, al Norte el Golfo

de México, al Este el Mar Caribe, al sur la Región Hidrológica 33 que coincide aproximadamente con el paralelo 20° de latitud Norte y al Oeste con el límite de Yucatán.

Aunque en la zona no se presentan arroyos ni ríos, con base en el modelo digital de elevación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, se obtuvo la configuración topográfica de la zona y a partir de ella, la dirección de los escurrimientos superficiales. Las curvas de nivel indican que la zona de estudio tiene una pendiente topográfica baja, por lo que se considera como zona de inundación y no existen cárcavas de cauces naturales.

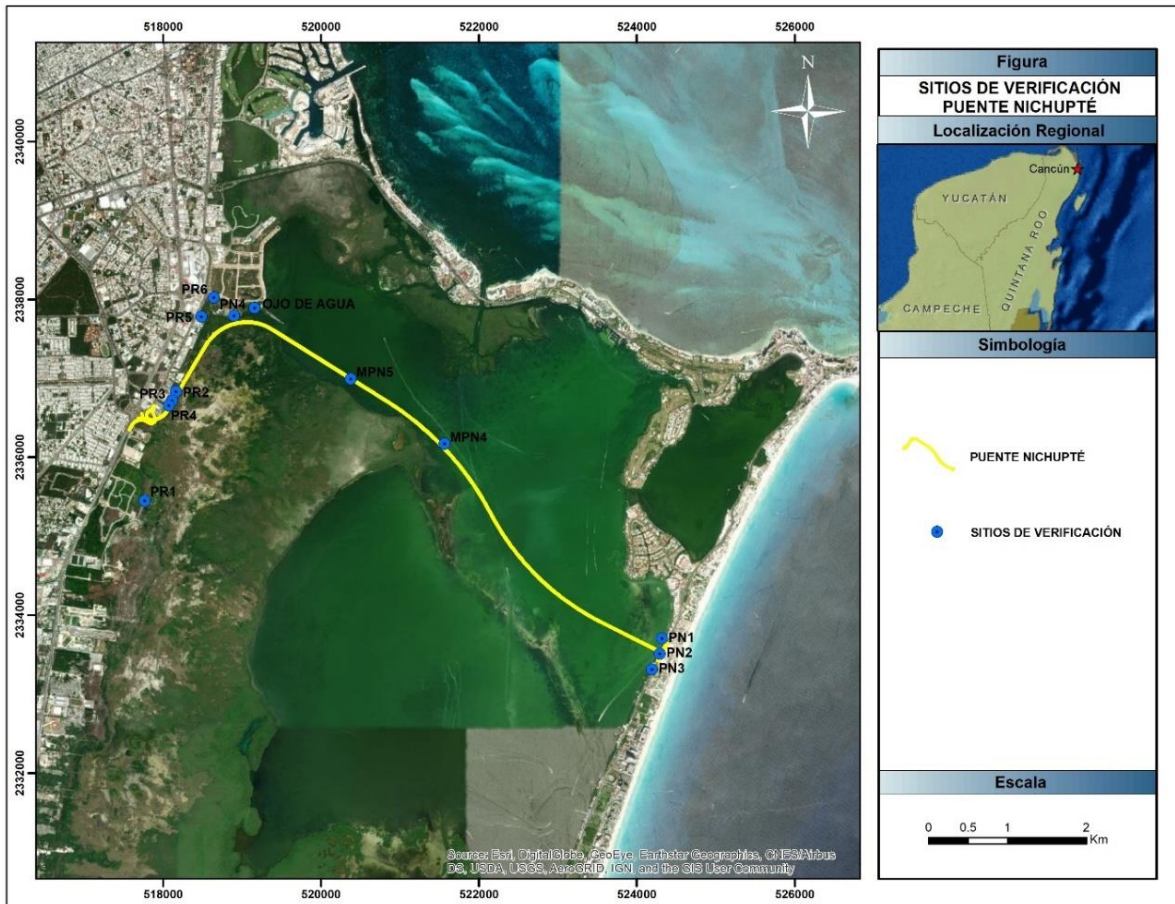
8.6.2.3.1 Interacción hidrológica del sistema

Verificación de sitios

Se realizaron recorridos dentro del predio y alrededor de éste, describiendo las condiciones generales, obteniendo parámetros físicos de la laguna y de los manglares. Esta verificación de sitios se realizó en la parte este y oeste del trazo del puente los cuales se muestran a continuación en el plano de la (**Figura 8.3**).

Como parte de las actividades a realizar en campo, se llevó a cabo un recorrido general en la zona localizada al oeste, se extiende principalmente a las áreas de manglar de la laguna Nichupté. El recorrido se hizo también en la zona este del trazo del puente sobre el Blvd. Kukulcan.

Figura 8.3. Sitios de verificación en la parte este y oeste del trazo del puente.



Fuente: (Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

Calidad hidrológica del trazo del puente

Con el objetivo de conocer la calidad hidrológica del trazo del puente, se midieron parámetros físicos del agua tales como: pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, y ORP. Las mediciones de los parámetros físicos del agua se llevaron a cabo con un equipo multiparamétrico Hanna HI98194, el cual fue previamente calibrado en campo, como se muestra en la **Figura 8.4**, para asegurar la confiabilidad de las mediciones.

Figura 8.4. Ejemplo de calibración en campo del equipo multiparamétrico previo a las mediciones de los parámetros físicos del agua.



Fuente: (Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté, 2021)

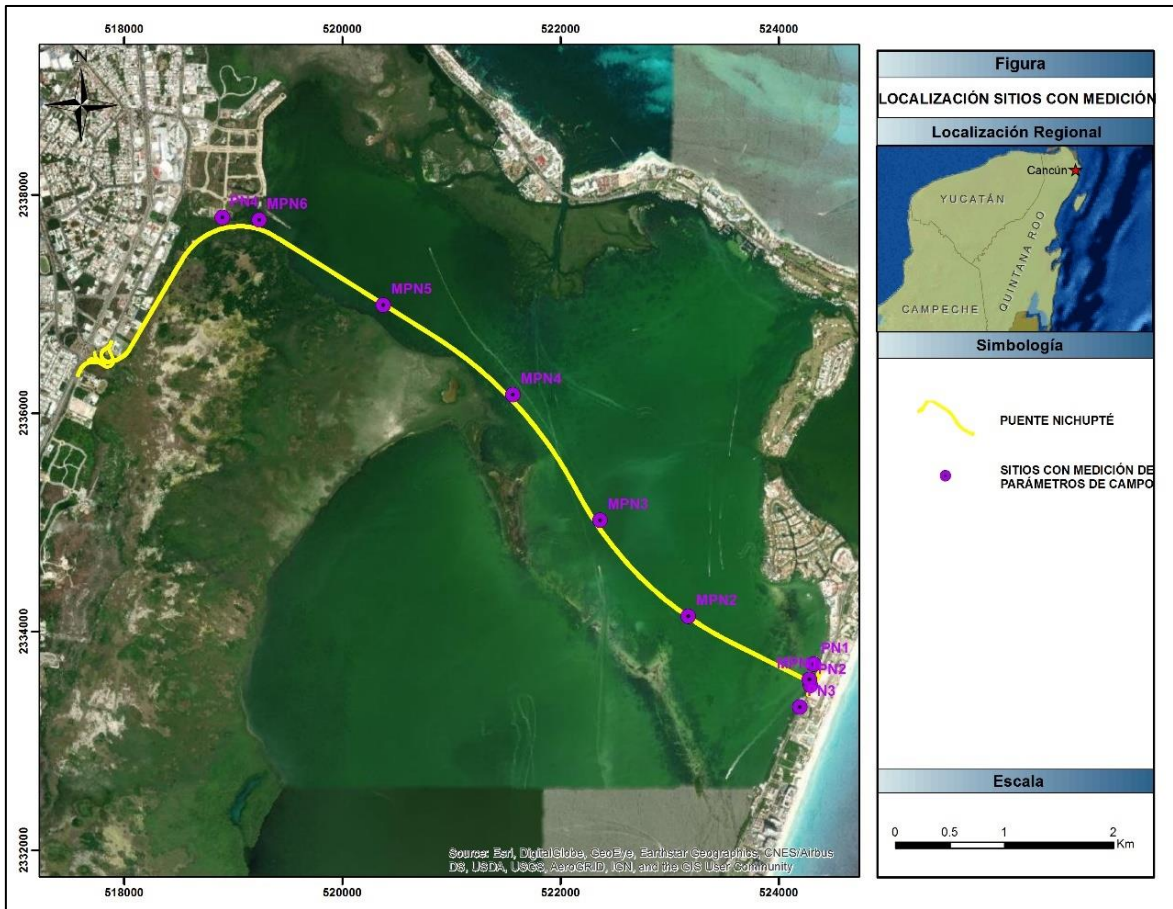
Las mediciones de los parámetros físicos del agua se llevaron a cabo in situ en 10 sitios, 9 de ellos correspondientes con diferentes sitios dentro de la laguna Nichupté y 1 correspondiente a agua de manglar hacia el oeste de la laguna por el lado de la calle Bonampak. En la **Tabla 8.1**, se muestran las coordenadas de los sitios de medición de parámetros físicos y en la **Figura 8.5**, se muestra el plano de localización de dichos sitios.

Tabla 8.1. Coordenadas de los sitios de medición de parámetros físicos del agua.

FECHA	ID	CUERPO DE AGUA	PROF (m)	TEMP (°C)	pH	CE (μS/cm)	STD (ppm)	SAL (PSU)	ORP (mV)	O.D. (ppm)
20/04/21	PN1	Laguna	0	29.01	8.20	56253	28588	35.80	62.2	8.20
20/04/21	PN2	Laguna	0	29.02	8.25	55741	28328	35.48	52.7	7.99
20/04/21	PN3	Laguna	0	29.04	8.33	55641	28278	35.42	40.4	8.88
21/04/21	PN4	Manglar	0	27.64	7.12	4622	2349	2.94	-134	5.34
23/04/21	MPN1	Laguna	0	28.6	8.34	55220	28064	35.14	59.9	8.18
23/04/21	MPN2	Laguna	0	29.06	8.40	55260	28084	35.17	42.6	8.06
23/04/21	MPN3	Laguna	0	29.03	8.42	55340	28125	35.22	55.1	6.67
23/04/21	MPN4	Laguna	0	29.28	8.42	54830	27865	34.89	52.9	6.22
23/04/21	MPN5	Laguna	0	29.44	8.41	53330	27103	33.94	52.4	6.66
23/04/21	MPN6	Laguna	0	29.45	7.76	34990	17782	22.27	-156	5.12

Fuente: (Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

Figura 8.5. Plano de localización de los sitios de medición de parámetros físicos.

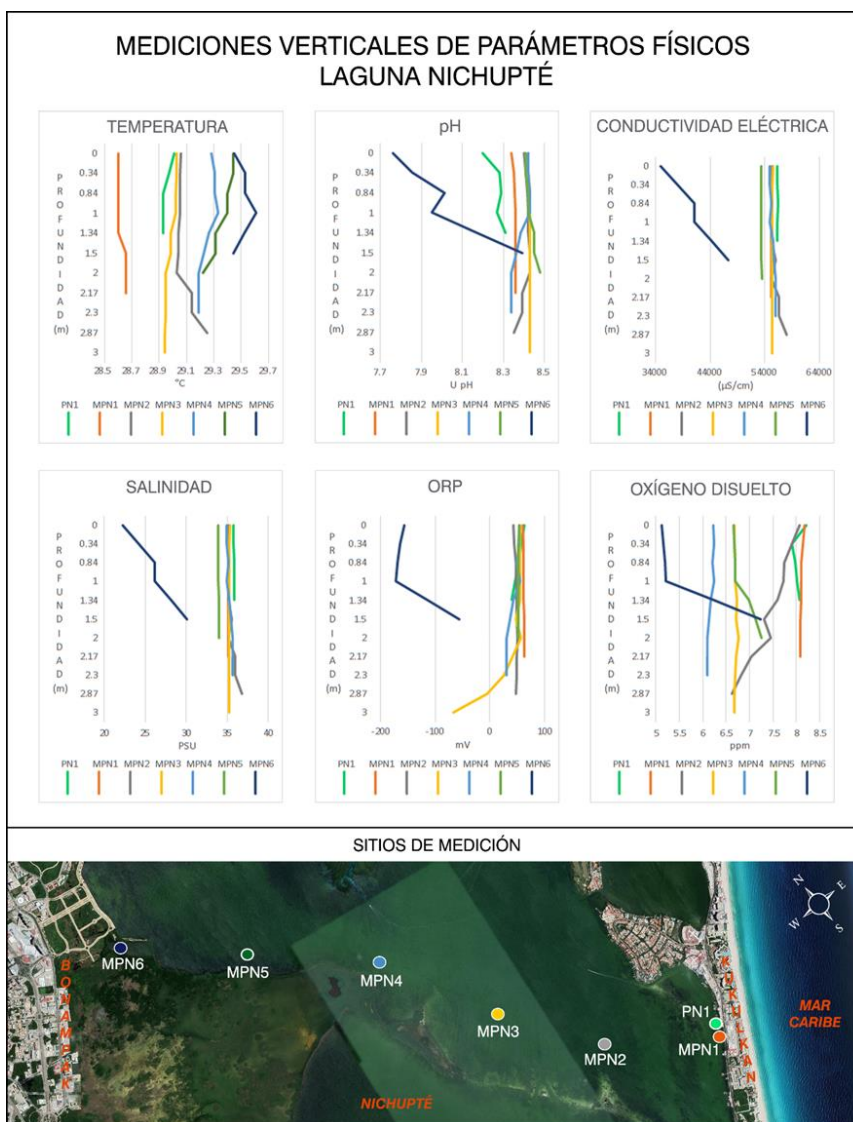


Fuente: (Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

Mediciones verticales de parámetros físicos

Se llevaron a cabo mediciones verticales de los parámetros físicos de la columna de agua de la laguna Nichupté para observar su comportamiento; estas mediciones se efectuaron desde el nivel del agua hasta el fondo de la laguna (el cual varía desde 1.34 m a 2.87 m). Los sitios donde se llevaron a cabo las mediciones verticales de parámetros físicos corresponden a PN1, MPN1, MPN2, MPN3, MPN4, MPN5 y MPN6. En la **Figura 8.6**, se muestran los sitios en donde se realizó la toma de datos.

Figura 8.6. Resultados de mediciones verticales de parámetros físicos.



Fuente: (Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

8.6.2.3.2 Análisis hidrológico para estimación de riesgo

Se consultaron los registros del Servicio Meteorológico Nacional, para obtener información del total de ciclones tropicales formados en el Océano Atlántico, 44 afectaron al estado de Quintana Roo durante el período de 1970 a 2020.

Se consultó el Programa Nacional contra Contingencias Hidráulicas (PRONACCH) y el CENAPRED para obtener información con respecto al riesgo por inundaciones en el área en donde se encuentra el Proyecto.

Análisis estadístico de precipitaciones máximas en 24 horas

Con el propósito de analizar la ocurrencia de la lluvia en la zona de Proyecto, se realizó el análisis correspondiente a diferentes períodos de retorno, utilizando la serie de datos de precipitaciones máximas en 24 horas registradas en la estación climatológica de Cancún (23155), operada por la Comisión Nacional del Agua, con datos de 30 años (1991 a 2019).

Con esta información, se llevó a cabo un análisis probabilístico para diferentes períodos de retorno, Tr. Para ello, se utilizó un programa de cómputo elaborado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el cual ajusta los datos observados a 6 diferentes funciones de distribución de probabilidad: Normal, Log normal, Gumbel, Exponencial, Gamma y Doble Gumbel.

La selección de la mejor función debe contemplar, además de las consideraciones teóricas sobre las características de las funciones de distribución de probabilidades y su relación con las características de la variable que representa, la semejanza entre una función y los valores de la muestra obtenidos empíricamente.

Para seleccionar la función de distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos, se compararon los errores cuadráticos obtenidos. Se realizó el ajuste para las diferentes funciones de distribución de probabilidad mencionadas anteriormente. En la **Tabla 8.2**, se resumen los errores cuadráticos calculados para cada función.

Tabla 8.2. Resumen de errores cuadráticos.

Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	93.364	-----	93.364	-----
Log normal	66.264	64.293	82.666	83.016
Gumbel	77.185	-----	87.399	-----
Exponencial	67.091	-----	73.029	-----
Gamma	73.548		82.706	11111.000
Doble Gumbel	47.075			


Fuente: (Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

Como se observa en la **Tabla 8.2**, el mínimo error cuadrático fue 47.075 y se obtuvo por la función Doble Gumbel, por lo que se consideró apropiado utilizar esta función en el cálculo de las lluvias para diferentes períodos de retorno.

Considerando la función de distribución de probabilidad Doble Gumbel, se utilizó esta función para obtener el valor de la precipitación asociada a diferentes Períodos de Retorno. En la **Tabla 8.3**, se presentan los datos analizados, así como los parámetros del ajuste realizado.

Tabla 8.3. *Parámetros estadísticos de la muestra de datos, función Gumbel.*

i	Tr	Dato	Calculada	Error^2
1	31	770	575.23	37935.82
2	15.5	376	424.66	2367.78
3	10.33	231	326.15	9053.97
4	7.75	203	256.48	2860.46
5	6.2	196	217.21	449.74
6	5.17	192	195.23	10.42
7	4.43	192	180.83	124.68
8	3.88	177	170.25	45.57
9	3.44	171	161.87	83.36
10	3.1	170	154.9	228
11	2.82	167	148.9	327.6
12	2.58	164	143.6	416.27
13	2.38	154	138.81	230.6
14	2.21	154	134.43	383.02
15	2.07	144	130.35	186.29
16	1.94	140	126.51	181.87
17	1.82	135	122.86	147.3
18	1.72	120	119.35	0.42
19	1.63	117	115.95	1.1
20	1.55	102	112.62	112.71
21	1.48	102	109.32	53.54
22	1.41	101	106.02	25.2
23	1.35	99	102.68	13.57
24	1.29	96	99.26	10.65
25	1.24	88	95.7	59.26
26	1.19	88	91.9	15.19
27	1.15	84	87.72	13.85
28	1.11	77	82.91	34.88
29	1.07	76	76.85	0.72
30	1.03	62	67.29	28

 Presentación de resultados de la Doble Gumbel

Parámetros:

Actual:		Propuesto:	
α_1	0.03235	α_1	0.03235
β_1	109.04	β_1	109.04
α_2	0.00528	α_2	0.00528
β_2	245.797	β_2	245.797
P	0.8	P	0.8

Error estándar: 47.07519

Fuente: (Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

Posteriormente, se extrapoló para diferentes períodos de retorno desde 2 hasta 10,000 años. En la **Tabla 8.4**, se presenta un resumen de los valores de precipitación obtenidos para los diferentes Tr analizados.

Tabla 8.4. Precipitaciones asociadas a diferentes períodos de retorno, Tr.

Período de retorno (años)	Dato calculado (mm)
2	128.4
5	191.9
10	317.8
25	530.1
50	672.4
100	808.9
200	942.7
500	1,117.6
1,000	1,249.6
2,000	1,382.6
5,000	1,557.2
10,000	1,687.1

Fuente: (Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

Con el propósito de establecer un comparativo con las lluvias de diseño que comúnmente solicita la Comisión Nacional del Agua para diversas obras, la tormenta de diseño para la delimitación de las zonas federales de los cauces se encuentra entre 5 y 10 años de períodos de retorno, con lo que la precipitación varía entre 317.8 y 317.8 mm para los resultados de la **Tabla 8.4**.

Para 100 años de período de retorno, muy utilizado en el diseño de puentes y obras de protección y encauzamiento, la lluvia de diseño es de 808.9 mm. Para el diseño de presas es frecuente utilizar el período de retorno de 10,000 años, y en este caso la precipitación es de 1,687.1 mm.

8.6.3 Caracterización hidrogeológica

8.6.3.1 Censo de aprovechamientos de cuerpos de agua.

Se realizó una verificación de campo de la calidad del agua, utilizando un lote de cuerpos de agua superficial y subterránea (laguna, pozos y cenotes), los cuales fueron ubicados espacialmente mediante georreferenciación utilizando GPS de mano. La información estuvo limitada, considerando que el abastecimiento lo provee la red municipal y no se permitió el acceso a los predios de particulares para tomar datos de sus pozos de absorción o inyección. Se midieron además las profundidades del nivel estático; se investigó el número, localización, uso y demás características de la obra y datos generales del aprovechamiento, características constructivas de la captación, profundidad al nivel estático. Con la información obtenida y la recopilada, se elaboraron los mapas de profundidad y elevación de los diferentes niveles potenciométricos (piezometría) para establecer el estatus actual del agua subterránea en los acuíferos, y conocer la dirección del flujo subterráneo hidrodinámico para definir posibles zonas de

recarga a los acuíferos. Los detalles se pueden consultar en el **Anexo 4.3. Caracterización hidrogeológica.**

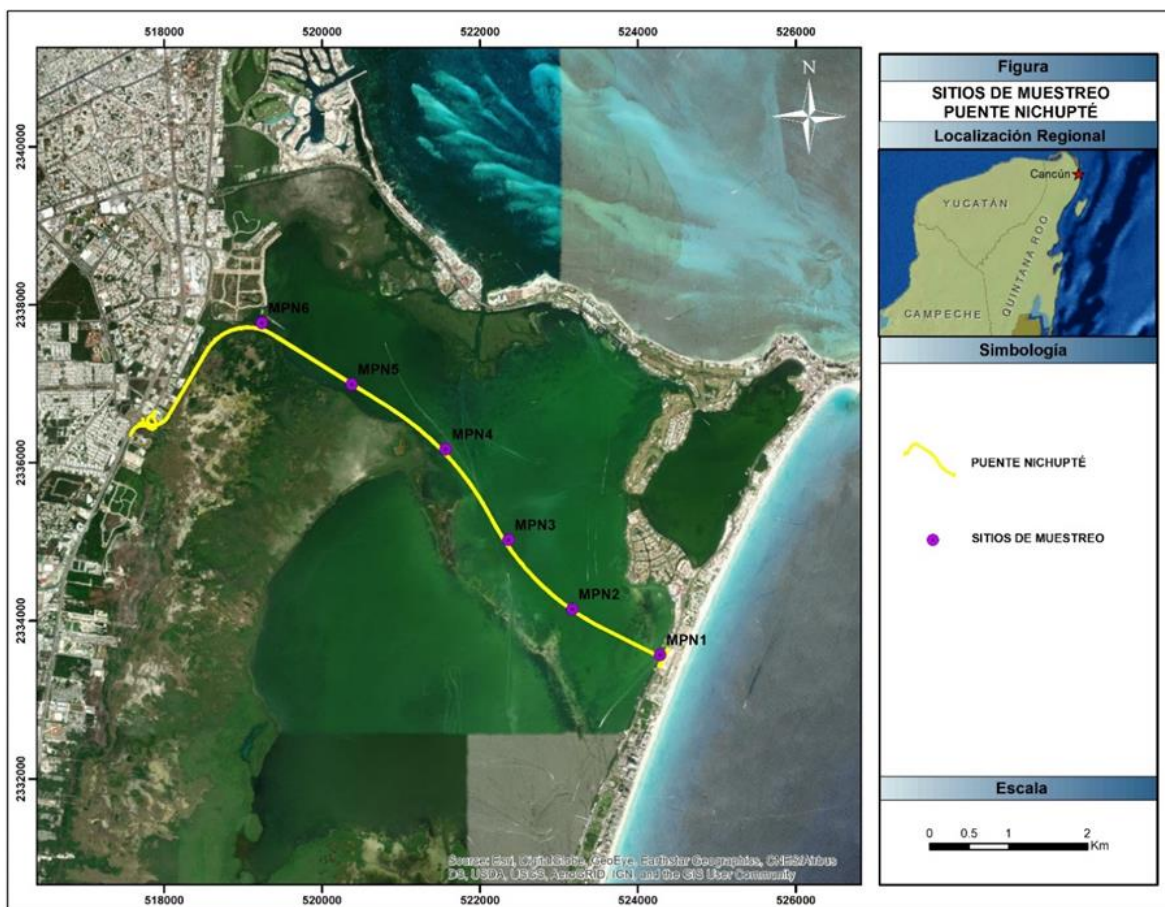
8.6.3.2 Muestreo de agua superficial y subterránea.

Con la base anterior, se seleccionaron los aprovechamientos para determinar la calidad del agua de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, tanto aguas arriba como aguas abajo del proyecto, con base en las concentraciones de parámetros físicos y químicos: pH, conductividad, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, cianuro total, coliformes fecales y metales como plomo, cadmio, cobre, zinc. Las muestras de agua fueron recolectadas por personal del laboratorio que cuenta con acreditación ante la EMA (Entidad Mexicana de acreditación). Los parámetros de calidad del agua fueron determinados en seis muestras de la Laguna Nichupté, para analizar los siguientes parámetros: temperatura, turbidez, bacteriología, nitrito, oxígeno disuelto, salinidad y pH (**Tabla 8.5, Figura 8.7**).

Tabla 8.5. Coordenadas de sitios de muestreo de agua de la Laguna Nichupté.

ID	X	Y
MPN1	524283	2333565
MPN2	523173	2334143
MPN3	522363	2335022
MPN4	521566	2336170
MPN5	520378	2336993
MPN6	519240	2337771

Figura 8.7. Localización de sitios de muestreo de agua en la ZII.



Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021).

8.6.3.3 Análisis de datos de los muestreos de calidad del agua

Las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio “LABORATORIOS ABC QUÍMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE C.V.” / Sucursal Mérida.

Se realizó la interpretación de los resultados del laboratorio y se compararon con las normas aplicables con el fin de presentar la evaluación de línea base del área de estudio.

- Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (2021), de acuerdo con los lineamientos de calidad del agua para USO 4: Protección a la vida acuática: Aguas costeras y estuarios.
- NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, utilizando como referencia las especificaciones para aguas costeras, con tipo de cuerpo receptor “estuarios”.
- Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, CE-CCA-001/89, con base en los cuales la autoridad puede calificar a los cuerpos de agua como aptos para ser utilizados como fuente de abastecimiento de agua potable, en actividades

recreativas con contacto primario, para riego agrícola, para uso pecuario, en la acuicultura, o para la protección de la vida acuática, utilizando en este caso las especificaciones para protección de la vida acuática marina (aguas costeras).

8.6.3.4 Medición vertical de parámetros físicos

Durante la toma de las muestras de agua, se llevó a cabo la medición de parámetros físicos del agua in situ. Estos datos fueron medidos a diferentes profundidades en la columna vertical del agua y con ellos se realizaron perfiles para conocer la distribución espacial e identificar la posible estratificación de la calidad del agua.

Los parámetros medidos en campo fueron: conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (ppm), salinidad (PSU), pH, oxígeno disuelto (ppm) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) del agua en el sitio. Para obtener dichos parámetros se utilizó un equipo multiparamétrico Hanna® HI98194, el cual fue previamente calibrado en campo.

8.6.3.5 Análisis de vulnerabilidad del acuífero por contaminación.

Para determinar la vulnerabilidad del acuífero y evaluar los riesgos potenciales de contaminación del acuífero, se analizó la información de la litología, así como los datos de medición de la profundidad del nivel estático y el tipo de acuífero que se determine en el área del proyecto. Con esta información se realizó la determinación del índice de vulnerabilidad del acuífero a partir del método GOD.

8.6.3.5.1 Método GOD

Para la determinación de la vulnerabilidad de un acuífero se emplea el método GOD el cual es utilizado, para la definir la vulnerabilidad de un acuífero o contaminación, este método es sencillo y sistemático, esta metodología se establece en la NOM-141-SEMARNAT-2003, que obliga a su uso bajo la siguiente expresión:

$$VAq = (G) (O) (D)$$

Dónde:

VAq = Índice de vulnerabilidad del acuífero

G = Confinamiento hidráulico del agua subterránea

O = Granulometría y litología sobreyacente

D = Profundidad del agua subterránea

Confinamiento hidráulico del agua subterránea (G)

El valor del componente referido a la condición de confinamiento hidráulico del agua subterránea en el sitio se obtiene de la siguiente tabla (**Tabla 8.6**):

Tabla 8.6. Confinamiento hidráulico del agua subterránea.

OCURRENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA	ÍNDICE
Ausente	0
Surgente o artesiana	0
Confinada	0.2
Semiconfinada	0.4
Libre o freática	0.6
Subálvea o freática aflorante	1

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021) con datos de la (NOM-141-SEMARNAT-2003).

Cuando exista duda acerca de la continuidad y las propiedades de la presumible capa confinante, se considerará la ocurrencia del agua como libre o freática.

Granulometría y litología sobreyacente (O)

Para su determinación se usará la litología de mayor capacidad atenuante o predominante de los estratos sobreyacentes a la zona saturada. Los valores para cada tipo de litología se presentan a continuación en la **Tabla 8.7**:

Tabla 8.7. Granulometría y litología sobreyacente.

NO CONSOLIDADAS (SEDIMENTOS)	ESTRATOS SOBREYACENTES		ÍNDICE
	CONSOLIDADAS (ROCAS POROSAS)	CONSOLIDADAS (ROCAS DENSAS)	
Arcillas lacustres/estuarinas, suelos residuales			0.4
Limos aluviales, loess, till glacial	Lutitas, pizarras		0.5
Arenas aluviales y fluvioglaciales	Limolitas, toba volcánica	Formaciones ígneas/metamórficas y volcánicas antiguas	0.6
Arena eólica	Areniscas	---	0.7
Gravas aluviales y eluviales	---	Lavas recientes	0.8
---	Caliche, calcarenitas	---	0.9
---	---	Calcretitas y calizas karstificadas	1.0

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021) con datos de la (NOM-141-SEMARNAT-2003)

Profundidad del agua subterránea (D)

Se utilizará el acuífero menos profundo en la evaluación de la vulnerabilidad, excepto cuando existan pequeños acuíferos colgados. Los valores en función de la profundidad son los siguientes (**Tabla 8.8**):

Tabla 8.8. Profundidad del agua subterránea.

PROFUNDIDAD	ÍNDICE
Mayor a 50 m	0.6
Entre 20 y 50 m	0.7
Entre 5 y menos de 20 m	0.8
Menor a 5 m	0.9

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021) con datos de la (NOM-141-SEMARNAT-2003)

Sólo en los casos en que la capa sobreyacente al acuífero esté constituida por caliche, calcarenitas, lavas recientes, calcretitas o por calizas karstificadas, el índice de profundidad del agua subterránea deberá considerarse como 1.0.

Bajo los criterios del método GOD, se considerará un acuífero vulnerable cuando el valor de dicho índice sea mayor a 0.25.

8.6.3.5.2 Método DRASTIC

El método DRASTIC, es un modelo empírico desarrollado por Aller et al (1987) para la Environmental Protection Agency, EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos). El método DRASTIC es el más utilizado y suele ser muy útil cuando se quiere construir mapas de vulnerabilidad con datos de profundidad de agua, recarga neta, litología del acuífero, tipo de suelo, topografía, naturaleza de la zona no saturada y conductividad hidráulica. Estos datos son mayores a los que considera el método GOD.

Se asignan índices que van de 1 (mínima vulnerabilidad) hasta 10 (máxima vulnerabilidad), de acuerdo a las características y comportamiento de las variables consideradas en el acrónimo DRASTIC, donde:

D: Depth. Profundidad del agua subterránea

R: Recharge. Recarga neta

A: Aquifer. Litología del acuífero

S: Soil. Tipo de suelo

T: Topography. Topografía

I: Impact. Naturaleza de la zona no saturada

C: Hydraulic conductivity. Conductividad hidráulica del acuífero

Además de estos parámetros del 1 al 10, se pondera su influencia dentro de la evaluación de la vulnerabilidad mediante la asignación de unos pesos de 1 a 5. Los dos índices se multiplican y se suman los siete resultados para obtener una valoración final, según la siguiente expresión.

$$\mathbf{DRASTIC = (Dr.Dw) + (Rr.Rw) + (Ar.Aw) + (Sr.Sw) + (Tr.Tw) + (Ir.lw) + (Cr.Cw)}$$

Donde

r: indica factor de clasificación o valoración

w: indica factor de ponderación

D. Se refiere a la distancia que existe entre la superficie del suelo y el nivel freático. Este valor se obtiene de los monitoreos piezométricos mensuales de la zona. La valoración de la profundidad del agua subterránea para este método se observa en la **Tabla 8.9**.

Tabla 8.9. Valoración de la profundidad agua subterránea.

Profundidad (m)	Valoración Dr
0 - 1.5	10
1.5 - 4.6	9
4.6 - 9.1	7
9.1 - 15.2	5
15.2 - 22.9	3
22.9 - 20.5	2
> 30.5	1

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021)

R. Se refiere al volumen de agua total que recarga el acuífero. Este valor se obtiene al realizar el balance hidrológico. La valoración de la recarga neta para este método se observa en la **Tabla 8.10**.

Tabla 8.10. Valoración de la recarga neta.

Recarga (mm)	Valoración Rr
0 - 50	1
50 - 103	3
103 - 178	6
178 - 254	8
> 254	9

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021).

A. Se refiere al material que conforma el acuífero. La estratigrafía de los piezómetros detalla esta información. La valoración del tipo de acuífero para este método se observa en la **Tabla 8.11**.

Tabla 8.11. Valoración del tipo de acuífero.

Tipo de acuífero	Rango de clasificación Ar
Lutita masiva	1 - 3
Metamórfica/ígneas	2 - 5
Metamórfica/ígneas meteorizadas	3 - 5
Till glacial	4 - 6
Secuencias de arenisca, caliza y lutitas	5 - 9
Arenisca masiva	4 - 9
Caliza masiva	4 - 9
Arena o grava	4 - 9
Basaltos	2 - 10
Caliza kárstica	9 - 10

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021).

S. El tipo de suelo es la cobertura que tiene la superficie en estudio. Esta información se obtiene de la estratigrafía de los piezómetros. La valoración del tipo de suelo para este método se observa en la **Tabla 8.12**.

Tabla 8.12. Valoración del tipo de suelo.

Tipo de suelo	Valoración Sr
Delgado o ausente	10
Grava	10
Arena	9
Agregado arcilloso compacto	7
Arenisca margosa	6
Marga	5
Limo margoso	4
Arcilla margosa	3
Estiércol – cieno	2
Arcilla no compactada y no agregada	1

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021)

T. Se refiere a la pendiente topográfica de la zona de estudio, esta información se obtiene a partir de las curvas de nivel. La valoración del porcentaje de pendiente para este método se observa en la **Tabla 8.13**.

Tabla 8.13. Valoración del porcentaje de pendiente.

Pendiente (%)	Valoración Tr
0 – 2	10
2 – 6	9
6 – 12	5
12 – 18	3
> 18	1

I. Se refiere al material que conforma la zona superior del acuífero que no está saturada de agua. Esta información se obtiene de la estratigrafía de los piezómetros. La valoración de la naturaleza de la zona no saturada para este método se observa en la **Tabla 8.14**.

Tabla 8.14. Valoración de la naturaleza de la zona no saturada.

Naturaleza de la zona no saturada	Valoración Ir
Capa confinante	1
Cieno-arcilla	2 – 6
Lutita	2 – 5
Caliza	2 – 7
Arenisca	4 – 8
Secuencias de areniscas, caliza y lutita	4 – 8
Arena o grava con contenido de cieno y arcilla significativa	4 – 8
Metamórfica/Ígnea	2 – 8
Grava y arena	6 – 9
Basalto	2 – 10
Caliza kárstica	8 – 10

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021)

C. La conductividad hidráulica es la facilidad que un cuerpo ofrece a ser atravesado por un fluido, en este caso el agua. La conductividad se obtiene de las pruebas de campo. La valoración de la conductividad hidráulica para este método se observa en la **Tabla 8.15**.

Tabla 8.15. Valoración de la conductividad hidráulica.

Conductividad hidráulica		Valoración Cr
cm/día	m/día	
0.04 – 4.08	4.6×10^{-5} – 4.7×10^{-3}	1
4.08 – 12.22	4.7×10^{-3} – 1.4×10^{-2}	2
12.22 – 28.55	1.4×10^{-2} – 3.4×10^{-2}	3
28.55 – 40.75	3.4×10^{-5} – 4.7×10^{-2}	6
40.75 – 81.49	4.7×10^{-2} – 9.5×10^{-2}	8
> 81.49	> 9.5×10^{-2}	10

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021).

Después se les multiplica por los factores de ponderación, los cuales se muestran en la **Tabla 8.16**.

Tabla 8.16. Factor de ponderación del método DRASTIC.

Dw	Rw	Aw	Sw	Tw	Iw	Cw
5	4	3	2	1	5	3

En la **Tabla 8.17** se indica el grado de vulnerabilidad en función del valor obtenido por el método DRASTIC.

Tabla 8.17. Vulnerabilidad General.

Grado de vulnerabilidad	Grado de vulnerabilidad
Muy bajo	23 – 64
Bajo	65 – 105
Moderado	106 – 146
Alto	147 – 187
Muy alto	188 - 230

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021)

8.6.4 Prospección geofísica del Sistema Lagunar Nichupté

8.6.4.1 Sondeo transitorio electromagnético (TEM)

La prospección geofísica es un método indirecto que simplifica y permite obtener información de calidad y cantidad suficiente, a través de la interpretación resistiva se pueden conocer espesores litológicos, profundidad del nivel freático, perfil de intrusión salina o detección de posibles cavernas en rocas carbonatadas bajo los sedimentos.

La finalidad de los sondeos geofísicos fue caracterizar las propiedades eléctricas del subsuelo en las áreas citadas del proyecto, se utilizó el método de sondeos electromagnéticos en el dominio del tiempo (TEM's) que muestra la mayor eficiencia para fines de prospección hidrogeológica.

Se realizaron un total de 20 sondeos electromagnéticos (TEM's); 11 sondeos en el entronque de la zona oeste y 9 en la zona del entronque este, con una separación de 100 a 200 m entre sondeos buscando lograr una profundidad teórica de 100 m, estos se realizarán en el tramo de 2 km de ubicación en la zona terrestre. Los detalles del estudio se presentan en el **Anexo 4.4 Prospección Geofísica**.

Con el método electromagnético (TEM's) se pretendió mostrar con perfiles 3D, una distribución del subsuelo en términos de homogeneidad basados en la caracterización resistiva. Debido a la gran resolución vertical que se obtiene con esta técnica, fue posible obtener una imagen para interpretar de la manera más real posible las condiciones geológicas del subsuelo. En esas secciones del subsuelo es posible observar heterogeneidades (zonas anómalas) debidas a estructuras geológicas, cambios de facies y fracturamiento de la roca (posibles cavernas), donde además la presencia del agua y su salinidad influye en el valor medido, provocando cambios importantes en la resistividad (que es el parámetro experimental de campo que se mide).

Con la interpretación de los perfiles geofísicos y la integración de la litología de barrenos que se recopile, se pudo obtener:

- a) La geometría de los patrones estructurales.
- b) Elaboración de perfiles hidrogeológicos y modelos de visualización 3D.

8.6.4.1.1 Modelación de secciones geológicas-geofísicas

La información geofísica es interpretada de acuerdo con la geología local tomada de estudios previos, integrando las secciones de resistividad, a partir de las cuales se pudo identificar y definir adecuadamente la distribución espacial y la geometría de las diferentes unidades geoeléctricas que conforman el sistema hidrogeológico de la zona de estudio, se interpretaron varios perfiles de resistividad, los cuales mostraron las unidades asociadas principalmente con los rangos de valores de resistividad.

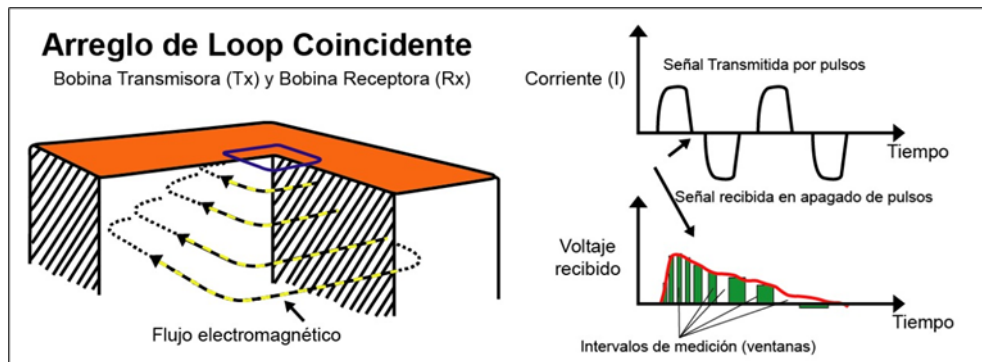
Finalmente, con esta interpretación de perfiles se obtuvo con su distribución espacial la geometría de las diferentes unidades geoeléctricas que conforman el sistema hidrogeológico de la zona de estudio y se determina igualmente la geometría de la interfase marina.

8.6.4.1.2 Metodología para la prospección geofísica

La técnica del TEM (sondeo transitorio electromagnético), consistió en utilizar una espira o bobina que está construida por un cable en forma de cuadro con dimensión variable, con arreglo de "Single Loop" (**Figura 8.8**), es decir donde únicamente se utiliza una

bobina, la cual actúa en ciertos instantes de tiempo como transmisora de la señal y en otros es receptora, con una resistencia de 2.1 ohms en el circuito, para lo cual se utilizó un cable de fabricación canadiense de 110 hilos; con estas características del arreglo se logró una intensidad de corriente de 6 a 7 amperes, esto para cumplir con la profundidad de exploración en el subsuelo.

Figura 8.8. Arreglo de *Loop* coincidente utilizado en los sondeos.



Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021)

Con este arreglo se realizaron una serie de pruebas que consistieron en variar parámetros tales como:

- Pruebas de la resistencia del circuito de transmisión y recepción,
- Análisis de la intensidad de corriente circulante,
- Análisis de ruido y respuesta del equipo con diferentes ganancias,
- Análisis de la penetración de la señal en el subsuelo (profundidad de investigación),
- Análisis de la repetitividad de la respuesta medida por el equipo y
- Apilamiento de la señal con promedios de 128, 256, 512 y 1024 muestras.

Las pruebas y análisis anteriores se hicieron en dos sitios, de tal manera que fueran representativos de las condiciones generales esperadas. Estas pruebas produjeron como resultado que el arreglo denominado "loop coincidente" cumple con las especificaciones establecidas en el contrato, usando tendidos de dimensiones de 50 m.

El tiempo de medición se fijó con base en la frecuencia de 60 Hz del equipo TemFast. Las mediciones se realizaron con ganancias de 4, 8, 16, 32 y 64, aumentando el número de lecturas en sitios donde el ruido geológico era alto, esto con el fin de aumentar la calidad en la estadística de los datos.

Como parte de este estudio se ejecutaron en campo un total de 20 sondeos electromagnéticos con una separación de 100 a 200 m entre sondeos para lograr el mayor detalle y alcanzar una profundidad teórica de 100 m (**Tabla 8.18**). En total, se

realizaron 20 sondeos o TEM (**Figura 8.9**). En la parte oeste se realizaron 11 TEM's (**Figura 8.10**) y en la parte este 9 TEM's (**Figura 8.11**).

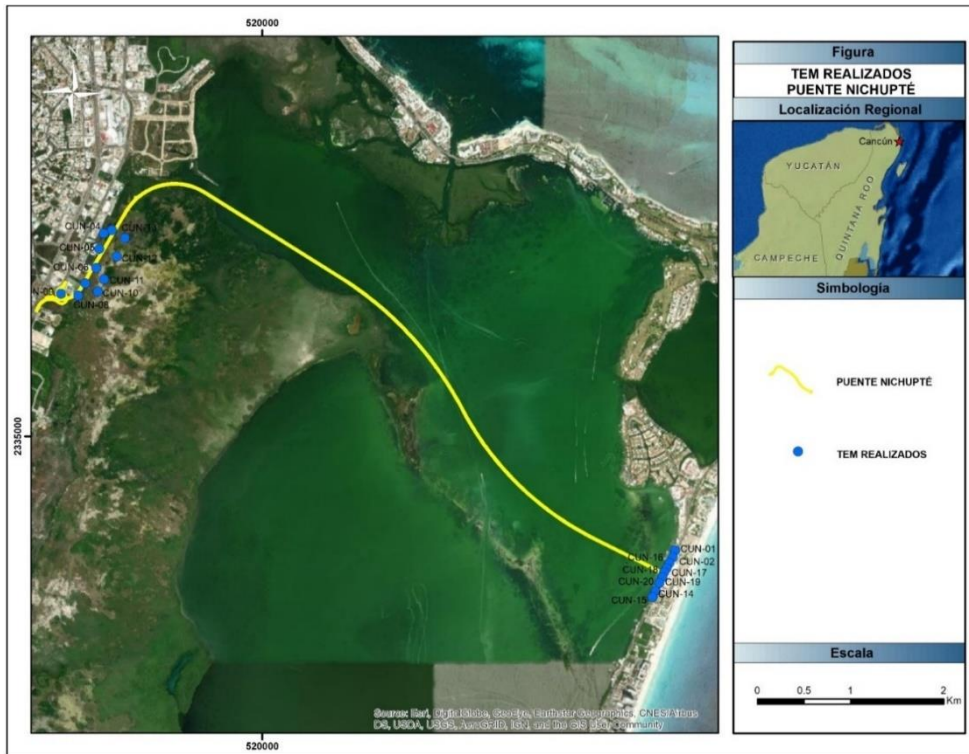
Para la localización de los sitios se utilizó un equipo GPS marca GARMIN, el cual proporcionó las coordenadas geográficas (X, Y) y una elevación con un margen de error aceptable para cada sitio de medición.

Tabla 8.18. Coordenadas de TEM's realizados (sistema UTM WGS84).

TEM	COORDENADAS UTM	
	X	Y
CUN-01	524430.83	2333776.57
CUN-02	524407.26	2333704.49
CUN-03	518386.70	2337213.72
CUN-04	518298.27	2337178.98
CUN-05	518250.58	2337013.58
CUN-06	518215.82	2336809.79
CUN-07	518100.43	2336641.43
CUN-08	518024.15	2336510.97
CUN-09	517838.25	2336531.58
CUN-10	518235.10	2336555.59
CUN-11	518302.03	2336686.26
CUN-12	518439.00	2336931.01
CUN-13	518525.00	2337130.01
CUN-14	524221.58	2333338.10
CUN-15	524189.79	2333275.19
CUN-16	524370.00	2333640.01
CUN-17	524342.00	2333585.01
CUN-18	524316.00	2333540.01
CUN-19	524294.00	2333487.01
CUN-20	524263.00	2333427.01

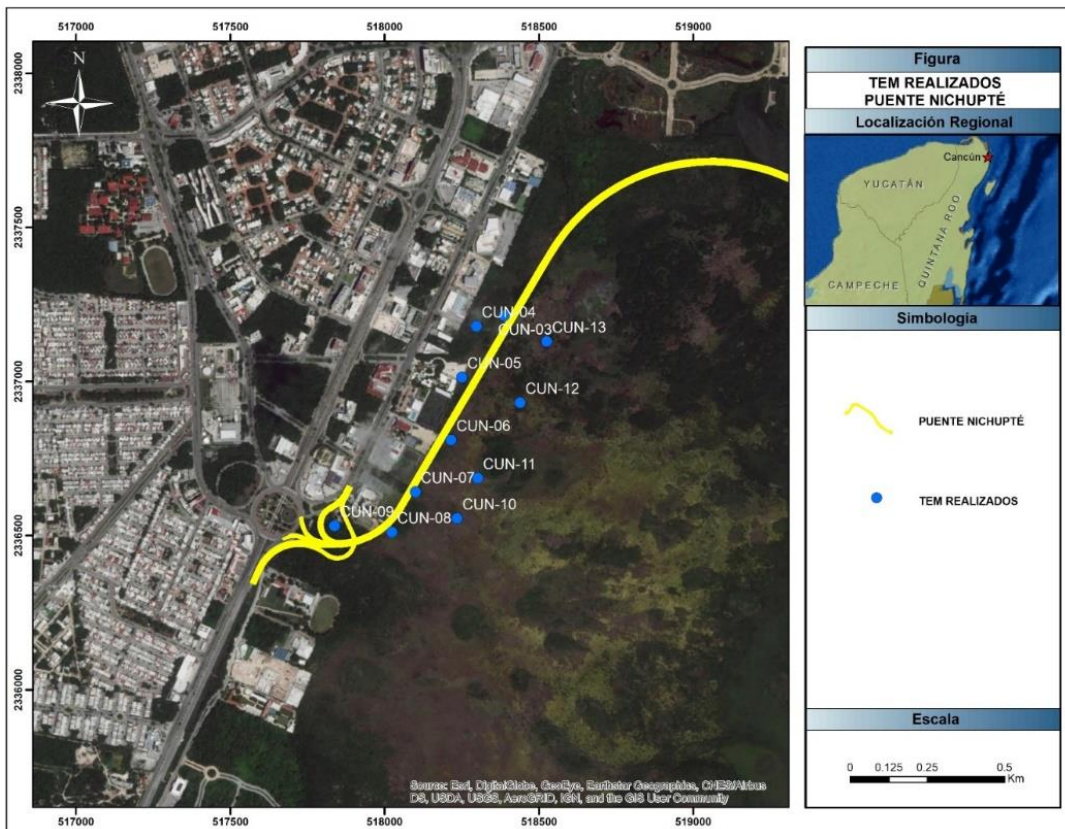
Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021)

Figura 8.9. Localización de sondeos electromagnéticos realizado en la parte este y oeste del trazo del puente.



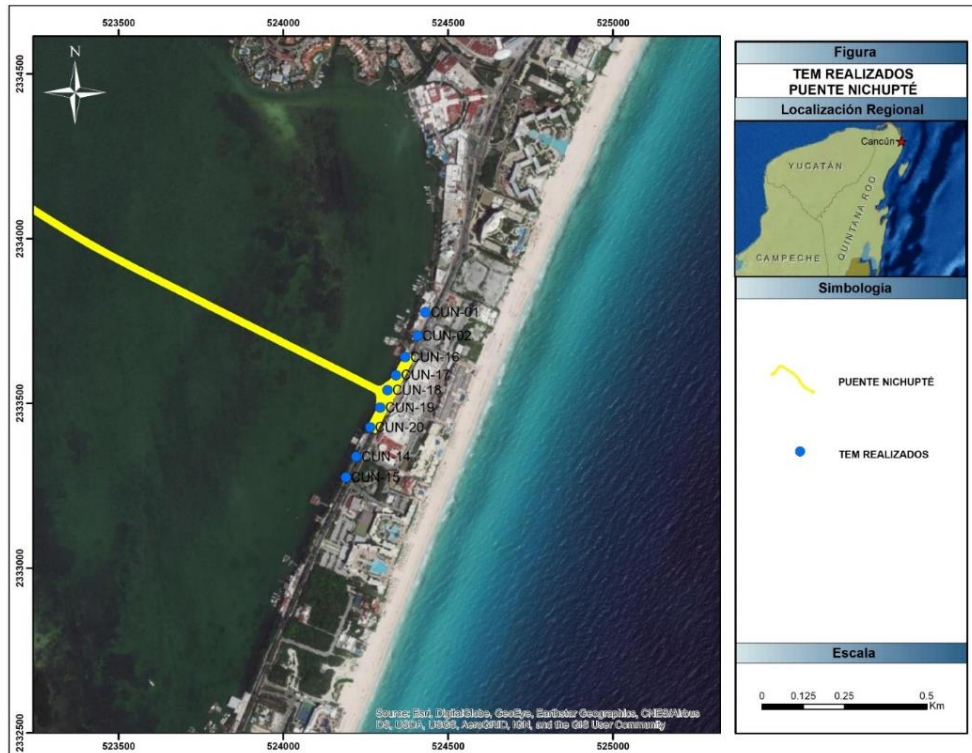
Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021).

Figura 8.10. Localización de TEM en la parte Oeste del trazo del puente.



Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021).

Figura 8.11. Localización de TEM en la parte Este del trazo del puente.

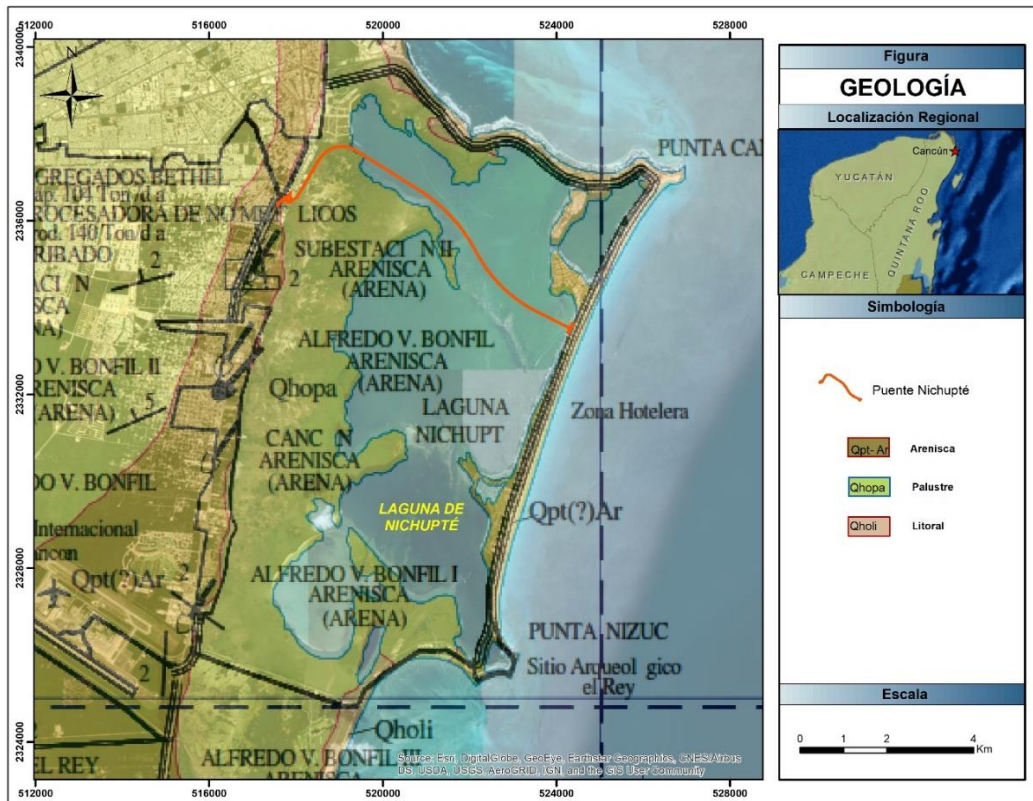


Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021).

8.6.4.1.3 Modelación de secciones geológicas-geofísicas

Para la modelación de secciones se revisó la litología local del área de estudio, y de acuerdo con la carta geológica de Cancún F16-8 obtenida del Servicio Geológico Mexicano; la unidad más antigua expuesta en el área de estudio corresponde a la Formación Carrillo Puerto (Tmpl Cz-Cq), constituida por una secuencia de caliza y coquina de edad Mioceno-Plioceno. Cubriendo a la unidad anterior se presentan depósitos cuaternarios de arenisca poco consolidada constituida principalmente por fragmentos de gasterópodos, pelecípidos, ostras y calcita de edad Pleistoceno (Qpt(?) Ar). Depósitos lacustres (Qhola) constituidos por arcilla, lodo calcáreo, arena y limo de color negro con alto contenido de materia orgánica. Depósitos pelustres (Qhopa), formados por limos y arcillas mezclados con materia orgánica, se observan en áreas aisladas. Depósitos de litoral (Qholi), constituidos por arena blanca, compuesta principalmente de fragmentos subredondeados de ostras, bivalvos y gasterópodos (Figura 8.12).

Figura 8.12. Mapa Geológico Regional.



Fuente: (Informe de prospección geofísica, 2021), con información del SGM)

Así mismo para la calibración de los perfiles, se apoyó en 2 barrenos (S-1 y S-2) realizados por Geotecnia S.C, en enero de 2021, del estudio de “Exploración del subsuelo en las zonas de entronque en tierra del puente Nichupté”.

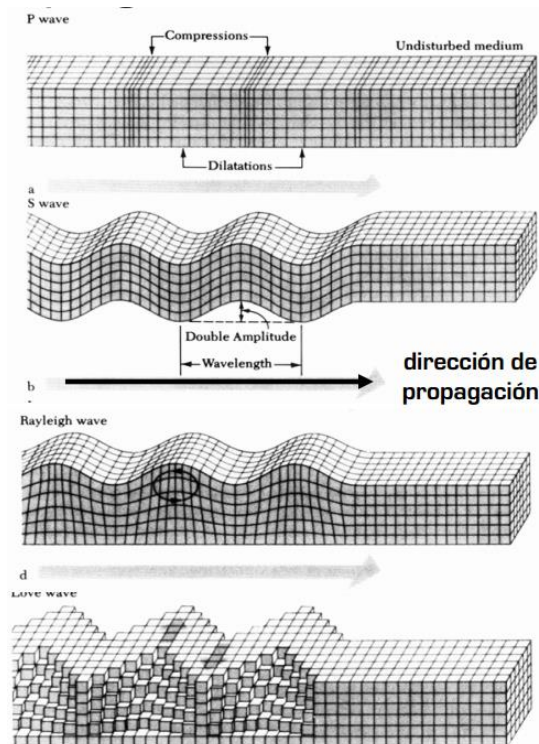
Es importante establecer que las interpretaciones desarrolladas en el presente trabajo se sustentan en el conocimiento previo de las condiciones hidrogeológicas locales y de la región, sin embargo, la correlación litológica de los rangos de resistividad de cada unidad resistiva en aquellos puntos donde no se cuente con información del subsuelo, puede eventualmente estar sujeta a verificación mediante la exploración directa. Lo que el desarrollo e interpretación de los TEM ofrece como resultado cuantitativo únicamente son valores de resistividad del subsuelo, y no es posible obtener valores de otros parámetros tales como porosidad de la roca o contenido mineralógico; aun así, se pueden realizar inferencias y modelos de ciertas condiciones geológicas y calidad de agua

La interrupción en la alta resistividad puede ser producto de la presencia de una discontinuidad por la cual ha podido circular agua y ha disuelto parte del material, dejando incluso depósitos arcillosos en las juntas lo que hace disminuir la resistividad y definir así la presencia de la estructura.

8.6.4.2 Geofísica (Tendidos sísmicos de Refracción Marina – TRSM)

El uso de esta técnica para fines del Proyecto se debió a que se puede determinar la profundidad teórica en las capas del subsuelo es a través de la medición de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas (ondas P, S, y ondas superficiales), lo cual es un reflejo de las propiedades elásticas de la Tierra (**Figura 8.13**).

Figura 8.13. Movimiento de partículas VS en dirección de la propagación.



Fuente: (Estudio de geofísica con tendidos sísmicos, 2021).

La metodología para este estudio se integra en seis etapas:

Recopilación de información: Verificación de estudios previos cercanos que permitan conocer la distribución de las unidades geológicas del sitio de interés. Esta etapa también conlleva a realizar un análisis de la geología local para determinar la respuesta del método geofísico aplicado, para diseñar o realizar modificaciones en la adquisición de datos.

Adquisición de datos: Tendido de Calibración en la parte continental para localizar afloramientos de roca. El diseño consistió en evaluar ocho tendidos sísmicos de 110 metros laguna adentro. La longitud total final adquirida fue de 880 metros, que contempla un estudio transicional entre la zona terrestre y la zona sublitoral.

Cada tendido consto de 12 canales de recepción con separación de 3 metros entre cada canal. Los dispositivos receptores utilizados (geófonos), fueron de 28 Hz para los datos

de refracción terrestres y de un cable marino con 12 canales con hidrófonos a cada 10 metros.

Evaluación y procesado de datos: Se realizó una primera evaluación de datos, realizando un modelado directo (datos completos, sin filtrar) para determinar el procedimiento más adecuado para realizar la selección de datos. Esta etapa es relevante, ya que permite determinar la calidad de los datos adquiridos.

Modelado de datos: Utilizando programas especiales se realiza un procedimiento matemático que permite obtener un modelo descriptivo del área de estudio. Este procedimiento no es único, es necesario realizar varias repeticiones hasta obtener un modelo estadístico, acoplable y representativo de las características geológicas del sitio.

Integración e interpretación: Considerando la información recopilada y los modelos de velocidades sísmicas de dos o tres capas, estas son correlacionadas a las diferentes unidades geológicas que conforman el subsuelo.

Conclusiones y recomendaciones: De acuerdo con los resultados alcanzados en el presente estudio, se definirán las diferentes capas y sus características para el sitio de estudio.

Se empleó un sismógrafo marca Geometrics ES3000 configurado para lectura de 12 canales operado por una Lap-Top con software Seismodule Control, un cable sísmico de 12 canales, con longitud de 120 metros y separación de 10 metros entre cada canal, 12 geófonos de 28 Hz, un cable marino con 12 hidrófonos separados cada 10 metros, 1 hammer switch, extensión de cable de disparo, fuente sísmica y accesorios como GPS y radio comunicadores (**Figura 8.14**).

Para la interpretación de datos se usó el software Seisimager 2D.

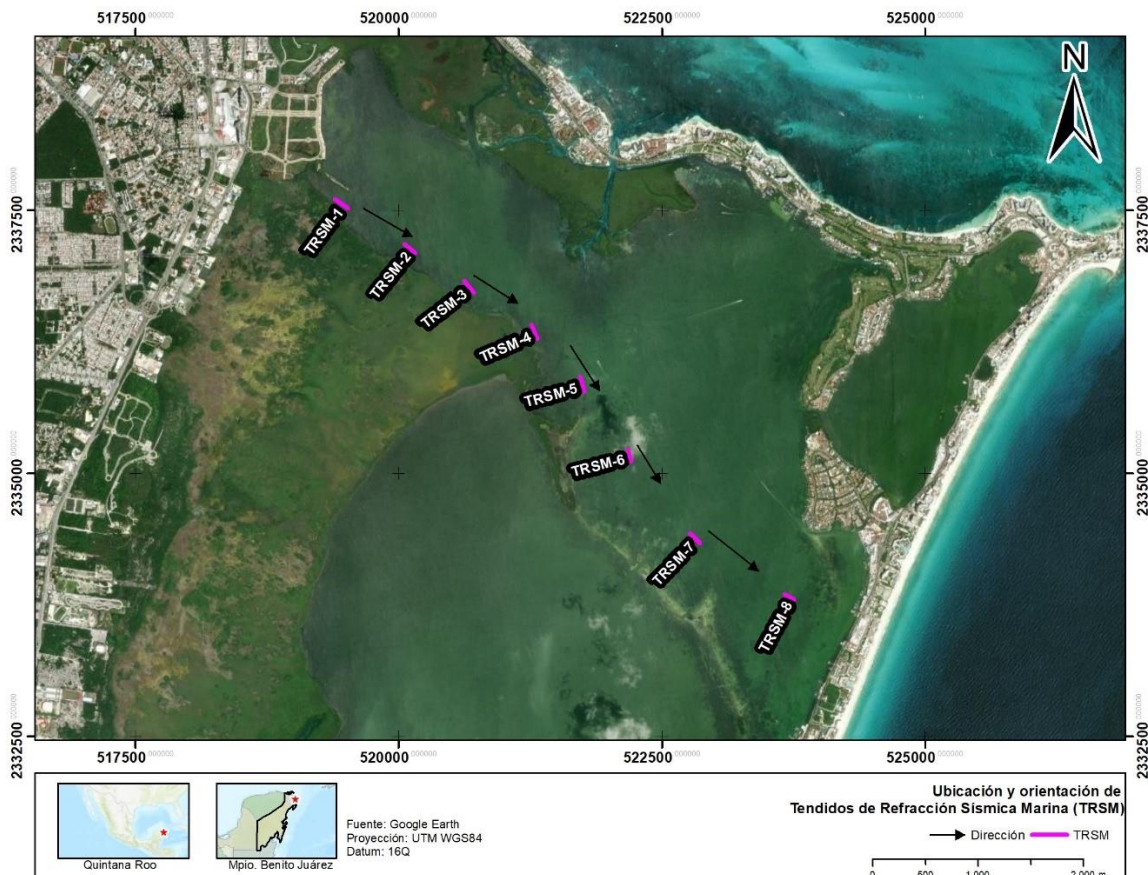
Figura 8.14. Sismógrafo ES-3000 empleado.



Fuente: (Estudio de geofísica con tendidos sísmicos, 2021).

En la **Figura 8.15** y **Tabla 8.19** se indica la ubicación y las coordenadas de cada transecto.

Figura 8.15. Mapa de Ubicación de los Tendidos Sísmicos de Refracción, Puente Laguna Nichupté.



Fuente: (Estudio de geofísica con tendidos sísmicos, 2021).

Tabla 8.19. Coordenadas UTM con el DATUM WGS-84 de los Tendidos Sísmicos de Refacción.

ID	ZONA	Coordenada Inicial		Coordenada Final	
		ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)
TRSM-1	16 Q	519,396	2'337,609	519,513	2'337,522
TRSM-2	16 Q	520,052	2'337,182	520,158	2'337,097
TRSM-3	16 Q	520,623	2'336,832	520,712	2'336,718
TRSM-4	16 Q	521,262	2'336,413	521,320	2'336,280
TRSM-5	16 Q	521,726	2'335,919	521,765	2'335,779
TRSM-6	16 Q	521,179	2'335,233	522,210	2'335,115
TRSM-7	16 Q	522,766	2'334,432	522,863	2'334,339
TRSM-8	16 Q	523,666	2'333,852	523,757	2'333,804

Fuente: (Estudio de geofísica con tendidos sísmicos, 2021).

En la primera etapa se tomaron datos del tendido terrestres y se utilizaron los siguientes parámetros:

- Intervalo de muestreo de 0.25 milisegundos (ms).
- Longitud de registro de 400 milisegundos (ms).

Para registrar estos datos, de acuerdo con el método, solo consistió en utilizar una fuente sísmica acústica, en este caso se utilizó una fuente impacto tipo marro de 16 Lb y placa de aluminio.

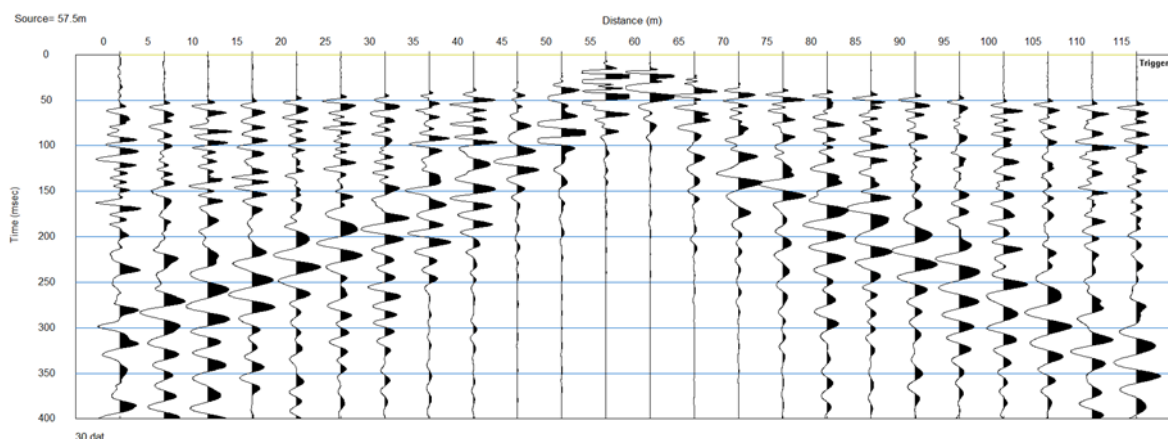
La segunda etapa consistió en tomar datos marinos y se utilizaron los siguientes parámetros de adquisición:

- Intervalo de muestreo de 0.25 milisegundos (ms).
- Longitud de registro de 400 milisegundos (ms).

El desarrollo de esta técnica fue ubicando 5 puntos de tiro, dos a los extremos del tendido y tres distribuidos cada 3 hidrófonos; se utilizó una escopeta sísmica de calibre 12 y los datos de batimetría proporcionados por la AGEPRO.

Después de cada sismograma generado, se analizó la información con el programa PICKWIN, donde se llevó a cabo el control de calidad de cada sismograma generado (Figura 8.16).

Figura 8.16. Registro de Refracción Sísmica, Puente Laguna Nichupté.



Fuente: (Estudio de geofísica con tendidos sísmicos, 2021).

8.6.4.2.1 Sísmica de refracción terrestre

Como se mencionó al principio, la medición de la velocidad de las ondas sísmicas a través del subsuelo es una forma de determinar sus capas.

Se parte del supuesto que la Tierra se compone de capas horizontales compuestas de materiales de velocidades uniformes.

Derivando las curvas de los tiempos de viaje para el supuesto modelo isotrópico de capas horizontales, identificaremos cuando las ondas sísmicas arriban a una distancia particular desde la fuente sísmica. Los tiempos de arribo, en especial aquellos que se refracten en las interfaces, se usaran para identificar las velocidades de propagación de las capas subyacentes; así como su espesor.

El método de refracción es usado para identificar estructuras cercanas a la superficie a profundidades menores de 80 metros. El uso de fuentes como un marro de 16 lbs o explosivos, son los más comunes y eficientes para la realización del método (**Figura 8.18**).

8.6.4.2.2 Sísmica de refracción marina

Al igual que lo explicado en sísmica de refracción, el proceso para datos marinos es el mismo, con la diferencia que en adquisición se utiliza un cable marino impermeable que tiene un sensor a cada 10 metros, este sensor llamado hidrófono, funciona como un piezoeléctro que transduce el movimiento en señales eléctricas igual que los geófonos. La interpretación de datos sísmicos marinos de refracción es igual al del terrestre, solo que se identifican, primero, la velocidad de propagación en agua de la onda P, que es alrededor de 1500 m/s, por encima de este arribo ya se procede a picar los primeros

arribos con la amplitud mayor. Posteriormente, se utilizan los datos de batimetría para construir un perfil que se agrega en el proceso de inversión de datos sísmicos con lo que resulta en un perfil sísmico.

8.6.4.2.3 TRS - Calibración

Este tendido tuvo una longitud de 48 metros, se hicieron 5 puntos de tiro con una fuente sísmica de impacto tipo marro de 16 lb, el esparcimiento entre geófonos fue de 5.0 metros. Se logró observar grosso modo la primera capa con un espesor promedio de 3 metros y una velocidad de 625 m/s, como base de esta sección se encontró un estrato con velocidad de 2,975 m/s correlacionable con la roca caliza.

En la interpretación realizada se observó homogeneidad en la información: Primeramente, se encontró una capa de máximo 3 metros de profundidad y velocidades no mayores de 700 m/s de onda P, se asoció con la descripción de un material compuesto de roca fuertemente karstificada rellena de suelo y raíces. La segunda capa fue identificada en el tendido sísmico, se extiende en el semi espacio y se asoció con la roca fracturada con karstificación media y velocidades de casi 3000 m/s de onda P (Figura 8.17).

Figura 8.17. Tendido de Refracción Sísmica de calibración.

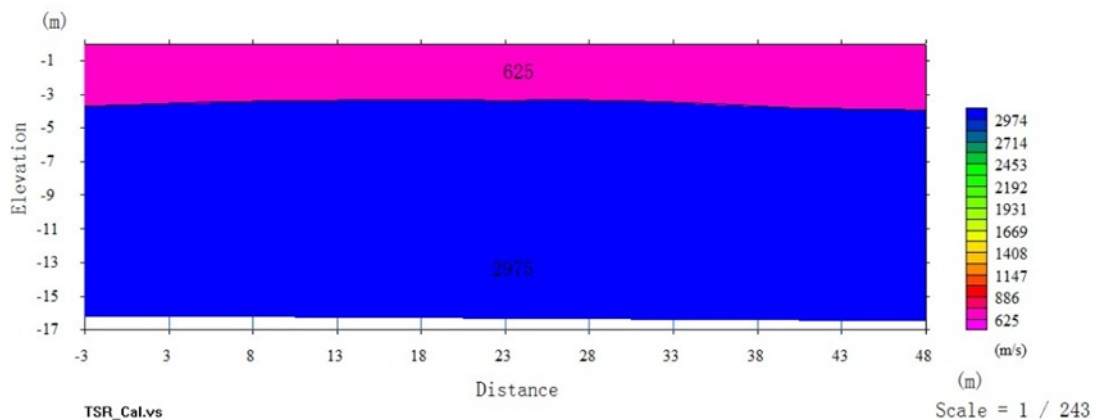
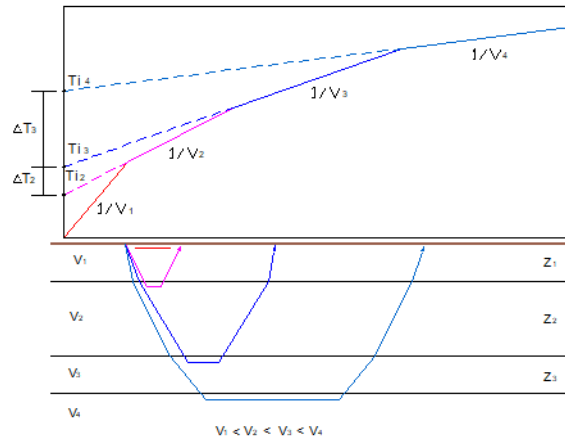


Figura 8.18. Trazado de tres rayos para una capa en un modelo de semiespacio.



Fuente: (Estudio de geofísica con tendidos sísmicos, 2021).

En refracción, utilizaremos el arribo de las ondas P para interpretar modelos de velocidad de dos y tres capas. Estos modelos nos darán secciones de la longitud del tendido, que en este caso fueron tendidos de 120 metros con receptores cada 10 metros. Teniendo los datos, los cuales se presentan en forma de sismogramas, identificaremos los primeros arribos los cuales describen una relación entre la velocidad de propagación de la onda y su tiempo de arribo. Esta relación se puede representar en una curva de tiempo donde cada inflexión es un cambio de velocidad y por lo consiguiente, su proyección entre inicio y final de cada rayo trazado nos indica un espesor. Esta aproximación es meramente teórica pues supone un medio horizontal isótropo sin cambios verticales, pero para nuestros fines de exploración de alta resolución, esta aproximación es lo bastante confiable siempre y cuando hayamos integrado correctamente las disciplinas de geología y geotecnia.

Una vez determinada la relación entre la velocidad de propagación y sus tiempos de arribo obtendremos curvas domocrónicas, que serán los datos de entrada del modelo para iniciar el proceso de inversión.

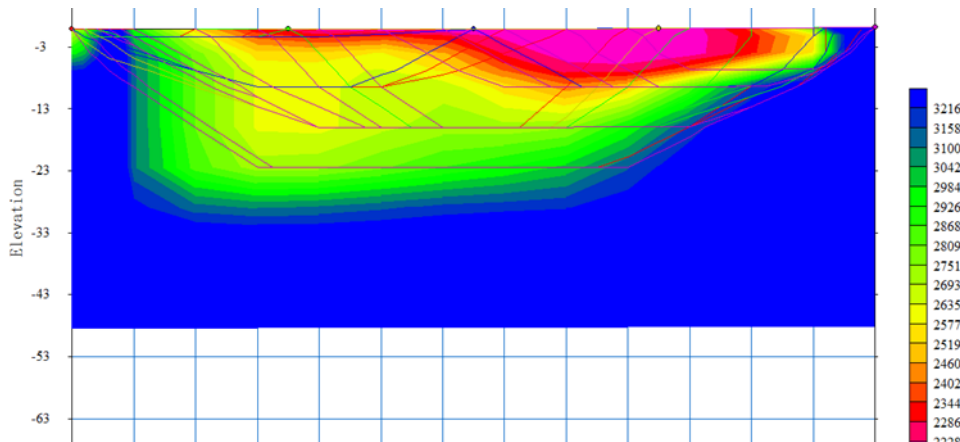
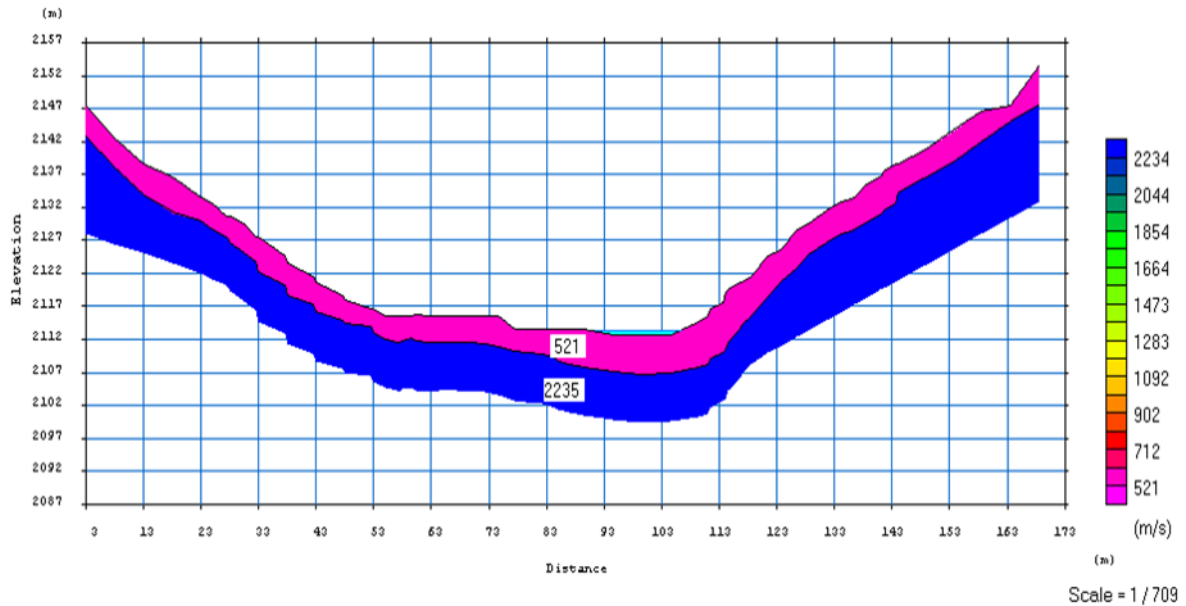
Como cualquier método geofísico, se requiere de realizar el proceso de inversión, este deberá ser el adecuado para cada método y deberá tener una aproximación mínima y congruente con la información integrada.

Para el método de refracción usaremos la técnica de inversión llamada *Time-term*, la cual emplea una combinación de mínimos cuadrados lineales con un análisis de retraso en tiempo, para invertir los primeros arribos en una sección de velocidad.

El resultado final son modelos de velocidades sísmicas de dos o tres capas, que dependerá de los refractores encontrados, estos modelos se describirán en capas de

acuerdo con la integración geológica y geotécnica, asignando espesores y litología para cada capa. Estas secciones geosísmicas caracterizaran el subsuelo dinámicamente de acuerdo con el cálculo de velocidades de onda P (**Figura 8.19**).

Figura 8.19. Modelo de sección sísmica.



Fuente: (Estudio de geofísica con tendidos sísmicos, 2021).

Una vez evaluado y autorizado el proyecto se realizarán estudios complementarios, como la mecánica de suelos para dar soporte a la información preliminar aquí presentada.

8.6.5 Batimetría

Como parte de la Propuesta No Solicitada, en septiembre de 2020 se realizó un estudio de batimetría para conocer la profundidad del cuerpo de agua principalmente en el área asociada con el trazo del Proyecto. A continuación, se mencionan las características de este estudio. La información correspondiente, se integró en el capítulo 4 de esta MIA-R.

La batimetría fue realizada por Geotem Ingeniería S. A. de C. V.

Se utilizó una Ecosonda Monohaz Bathy – 500 DF, Perfilador somero (SBP) Stratabox. Sensor de movimiento IMU SMC-008, antena Hemisphere V330 y sensor de velocidad del sonido en el agua DigiBar-S.

Escala 1:10000

Elipsoide: WGS 84

Datum: WGS 84

EPSG: 32611

Meridiano central: -117

Proyección: UTM Zona 16 (90°W y 84°W)

8.6.5.1 Levantamiento de perfilador (Sub Bottom Profiler)

Los perfiladores de fondo SBP son una de las herramientas más efectivas utilizadas para identificar y caracterizar capas de sedimentos o rocas debajo del fondo marino. Un transductor libera un pulso de sonido verticalmente hacia abajo y el fondo marino, y un receptor registra el retorno del pulso una vez que se ha reflejado en el fondo marino. A diferencia de un simple ecosonda, partes del pulso del sonido penetrarán en el fondo marino y se reflejarán en las diferentes capas del fondo o estratos. Esto mostrará cualquier tipo de perturbación de densidad que le indicará al usuario que hay algo extraño debajo de la superficie.

Mediante este método se conoce la distribución de los primeros estratos debajo de la laguna, en condiciones extremadamente someras la respuesta puede resultar en un rebote de “eco” de la señal original, fenómeno conocido como “señal múltiple”, que puede ser confundida con señal típica de un suelo estratificado, sin embargo, en la interpretación se descarta la parte de señal que es debida a este tipo de fenómenos y se indica la parte de la señal que describe características del subsuelo (**Figura 8.20**).

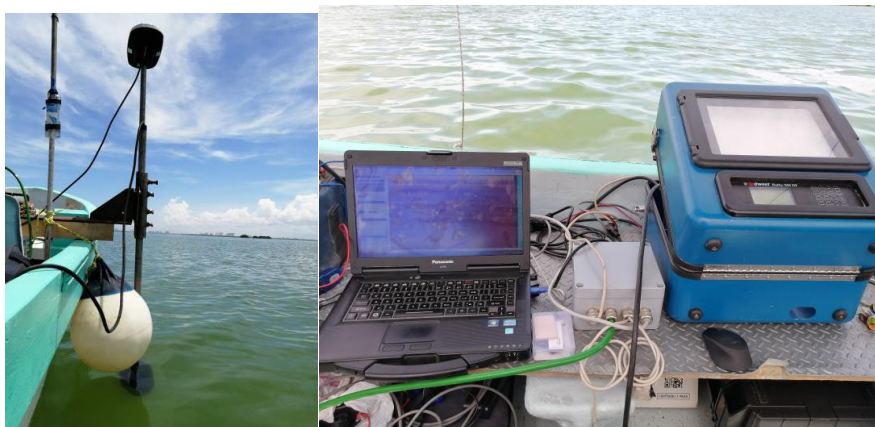
Figura 8.20. Adquisición de datos con *Sub Bottom Profiler*



Fuente: (Propuesta no solicitada - AGEPRO, 2020).

La ecosonda empleada estuvo conectada a un sistemas de posicionamiento geográfico con correcciones satelitales, así como sensores inerciales de movimiento, que corrigen el error en las mediciones debido a los continuos movimientos de la embarcación, de tal manera que los registros de profundidad obtenidos son los más cercanos a la realidad posible (**Figura 8.21**). Debido a que el método se basa en la emisión de un haz acústico, se mide la velocidad el sonido en el agua, con lo que se añade una corrección más a los registros de profundidades mediante este tipo de métodos.

Figura 8.21. Adquisición de datos con *Batimetría*



Fuente: (Propuesta no solicitada - AGEPRO, 2020)

8.6.5.2 Sistema de Posicionamiento Global

La técnica del Posicionamiento Satelital Global (GPS) fue desarrollada a principios de los años 60 por los departamentos de Defensa y Transporte de los EE. UU., en conjunto con la Agencia Espacial (DoD, DoT y NASA respectivamente), quienes pusieron en marcha una iniciativa para desarrollar un sistema de localización basado en satélites.

El Sistema de Posicionamiento Global se compone básicamente de tres segmentos: Sistema de satélites que está formado por 24 unidades con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie del globo terráqueo, repartidos en 6 planos orbitales de 4

satélites cada uno. Las Estaciones terrestres, se encargan de enviar información de control a los satélites para controlar las órbitas y realizar el mantenimiento de toda la constelación y por último las terminales receptoras que indican la posición donde son colocadas (**Figura 8.22**).

Figura 8.22. Sistema de Posicionamiento Global.

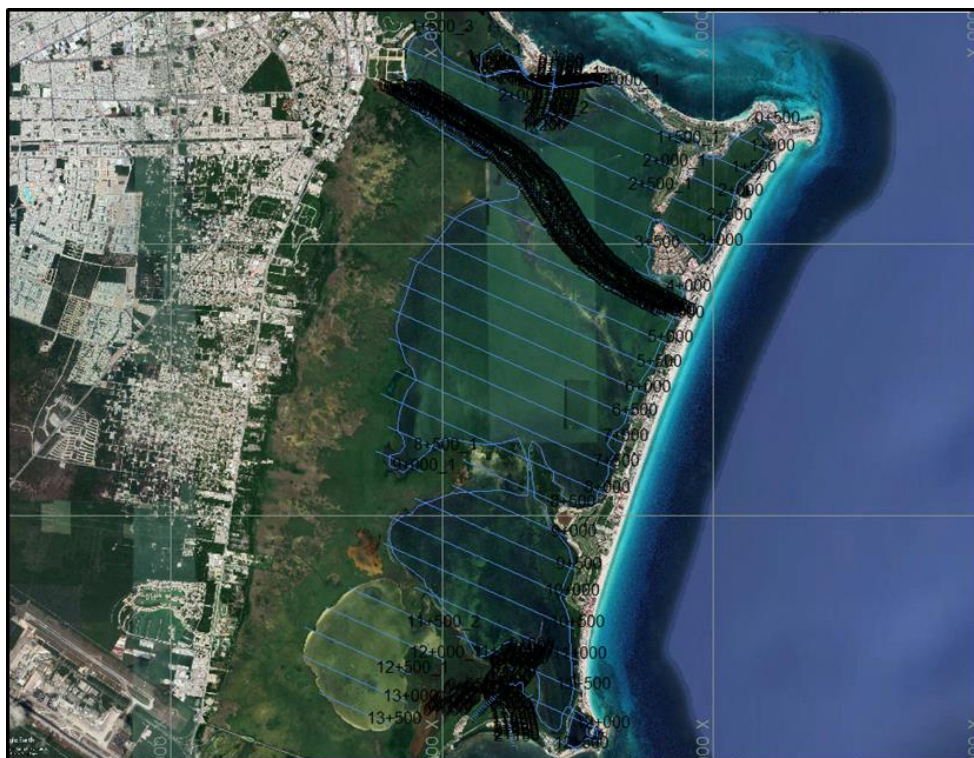


Fuente: (Propuesta no solicitada - AGEPRO, 2020)

8.6.6 Hidrodinámica

Para la realización del estudio de hidrodinámica, se realizó un levantamiento adicional de batimetría en el SLN, con énfasis en el área aledaña al trazo del proyecto; para ello se utilizó el programa hidrográfico HYPACK, instalado en una computadora portátil de uso rudo. En este software se cargaron las cartas de navegación disponibles y las fotografías satelitales calibradas del sitio, las cuales permiten ver detalles que puedan ser importantes para el estudio y para planear la navegación. En la **Figura 8.23** se muestra el plan de levantamiento sobre la imagen satelital, diseñado con base en lo solicitado y en los rasgos fisiográficos de interés. Los seccionamientos se hicieron cada 500 m en el cuerpo del SLN y se realizó un levantamiento con detalle (50 m) sobre las angosturas de la boca sur (Nizuc) y a lo largo del futuro puente Nichupté.

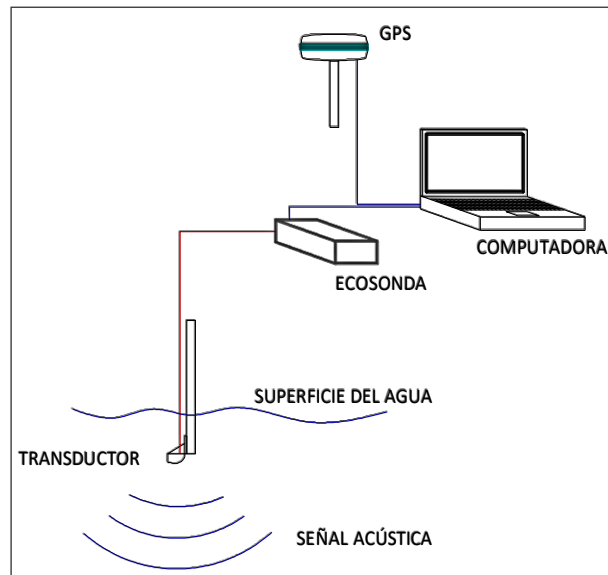
Figura 8.23. Líneas auxiliares del levantamiento batimétrico.



Fuente: (Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

La computadora fue conectada a un GPS diferencial Hemisphere modelo A321 y a una ecosonda Sonarmite, con el transductor introducido en el agua. Utilizando una cinta métrica y un peso muerto (sondaleza), se verificó que la profundidad leída en la ecosonda fuera similar a la profundidad medida con la sondaleza (procedimiento denominado “bar check”). En caso de observar diferencias se cambiaba la corrección por hundimiento o velocidad del sonido en el ecosonda (**Figura 8.24**). Después de las calibraciones el transductor quedó sumergido aproximadamente 25 cm en el agua. Esta es una metodología estándar para mediciones batimétricas, cuyos detalles se reportan en Pedrozo-Acuña et al. (2011 y 2012) y Ruiz-Martínez et al. (2016).

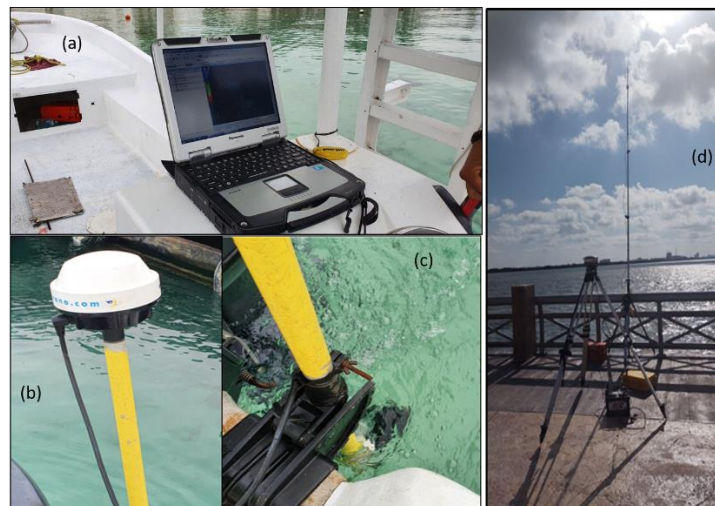
Figura 8.24. Diagrama de conexiones del equipo para levantamiento batimétrico.



Fuente: (Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

Todo el equipo se montó en una embarcación de bajo calado capaz de navegar en aguas someras. La ecosonda mide la profundidad de la laguna en un punto, y el GPS diferencial registra las coordenadas este, norte y elevación respecto al nivel medio del mar de dicho punto. De esta manera mientras la embarcación avanza se toman lecturas continuas de profundidad con sus respectivas coordenadas, generando una base de datos. La **Figura 8.25** muestra el sistema instalado en la lancha.

Figura 8.25. (a) Laptop Toughbook, Panasonic, (b) antena del GPS diferencial, (c) transductor de ecosonda sumergido en el agua, (d) Base de GPS diferencial instalada en el banco de nivel 02.



Fuente: (Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

8.6.6.1 Elipsoide, coordenadas y referencias al nivel del mar

Como se muestra en la **Figura 8.25**, la embarcación llevaba una antena de GPS diferencial a bordo, lo que permitió conocer la elevación a la que se encontraba la embarcación en cada momento (RTK) y poder autocorregir el efecto de variaciones en

el nivel de la laguna por efecto de mareas o viento. Dicha antena fue referenciada al nivel del mar utilizando dos bancos de nivel (denominados BN-1 y BN-2) cuyas coordenadas y elevaciones se presentan en la **Tabla 8.20**. Las precisiones típicas obtenidas fueron de 12 mm en la horizontal y de 20 mm en la vertical. La **Figura 8.25d** muestra al GPS midiendo en el banco de nivel 02 (BN-2); y la **Figura 8.27** muestra su posición geográfica.

Tabla 8.20. Coordenadas Bancos de nivel.

Nombre del banco	Coordenada X (UTM)	Coordenada Y (UTM)	Elevación (m sobre nmm)
BN-1	520362.031	2340852.194	2.052
BN-2	519302.830	2338075.687	2.613

Fuente: (Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

El nivel vertical sobre el nivel medio del mar (nmm) de este punto fue obtenido por el grupo de Tecnocéano como un promedio a partir de mediciones con sensores de presión por un tiempo de 21 días, y se trasladó a valores de nivel del mar ajustando las mediciones a la predicción de mareas de CICESE para la región. Todo el levantamiento batimétrico se realizó con la proyección Mercator Transversal Universal (UTM), en la zona 16 (90W-84W), y con el elipsoide de referencia WGS-84.

Adicionalmente y para tener opciones de verificar los niveles verticales durante la batimetría, se midió el comportamiento de la marea dentro y fuera de la laguna, lo que auxilió a la edición de los datos obtenidos y al procesamiento final de las profundidades que fueron referidas al nivel medio del mar (nmm). La **Figura 8.26** muestra fotografías de las tres balizas donde se instalaron los sensores de presión y su ubicación geográfica en la laguna se presenta en la **Figura 8.27**.

Figura 8.26. Fotografía de las balizas donde se instalan los sensores de presión.



Fuente: (Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

8.6.6.2 Medición de niveles, corrientes, temperatura y salinidad

Del día 21 al 25 de abril se instalaron cinco instrumentos oceanográficos adicionales, tres para la colecta de datos de corrientes, nivel del agua y temperatura: Perfilador de

corrientes Signature 500 (S500), Perfilador de corrientes Aquadopp (AQP) y velocímetro puntual Vector (Vec). En las mismas posiciones del Vector y Aquadopp, se instalaron otros dos sensores CTD diver, capaces de medir salinidad, temperatura y nivel del agua. La Tabla 3 presenta los tipos de instrumentos utilizados, las posiciones, fechas y esquema de muestreo de cada uno y la **Figura 8.27** muestra la posición de cada anclaje.

El ADCP Signature se instaló en la boca norte del sistema lagunar, aproximadamente a 50 m del puente hacia el mar. El instrumento quedó anclado a una profundidad de 5 m. El velocímetro Vector se ancló a la mitad de la laguna a una profundidad de 2.5 m, donde predomina un fondo lodoso. Finalmente, el ADCP Aquadopp quedó anclado en la boca sur del sistema, 20 m hacia el mar desde el puente de punta Nizuc, quedando a una profundidad de 2.5 m. Tanto al Aquadopp como al Vector se les instaló un CTD Diver para la colecta de datos de temperatura y salinidad (**Tabla 8.21**).

Tabla 8.21. Mediciones de corrientes, nivel, salinidad y temperatura.

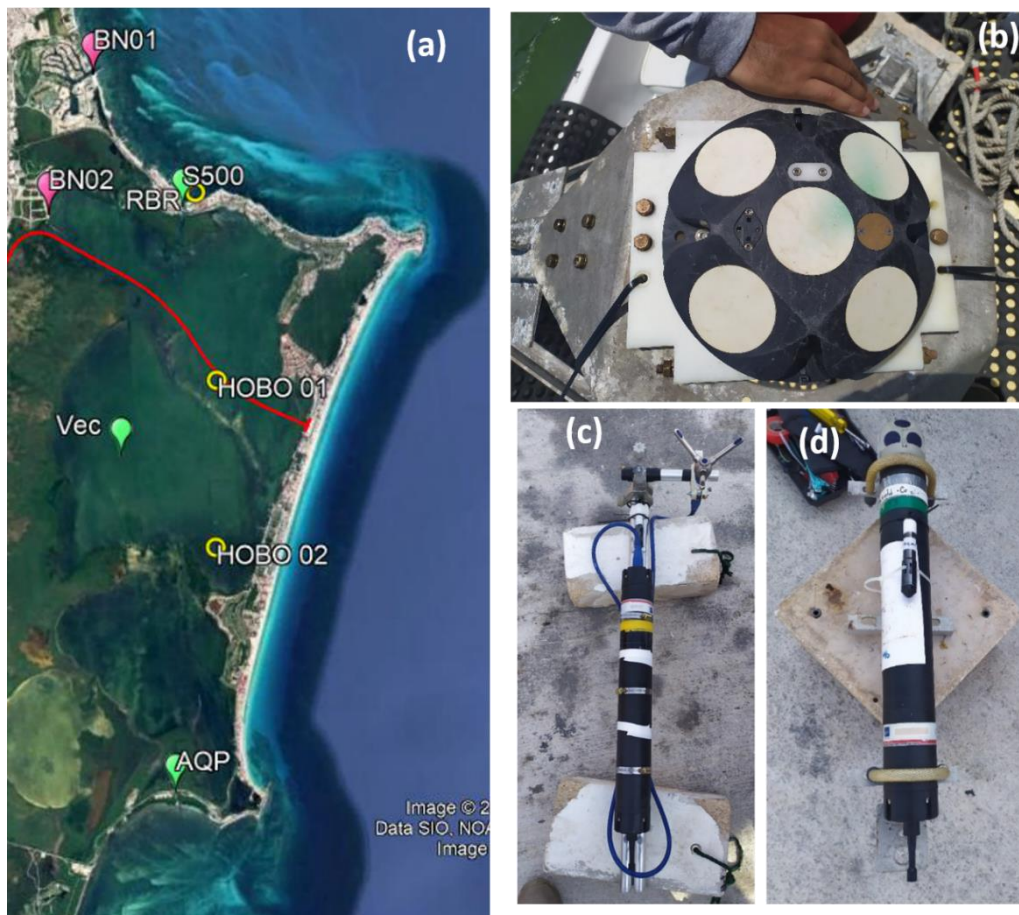
Aparato	E (UTM)	N (UTM)	Lugar y variables	Esquema de muestreo
S 500	522045.26	2338005.73	Perfilador Boca Norte Nivel, perfil de corrientes y temperatura	Continuo 4 Hz, celda 0.5 m, 10 celdas
AQP	521265.72	2326219.40	Perfilador Boca Sur Nivel, perfil de corrientes y temperatura	Continuo 1 Hz, celdas 0.2 m, 20 celdas
Diver 01	521265.72	2326219.40	En AQP (Temperatura y salinidad)	Continuo 1 min
Vec	520525.49	2333036.81	En medio de la laguna Nivel, corrientes puntuales y temperatura	Continuo 8Hz
Diver 02	520525.49	2333036.81	En Vector (Temperatura y salinidad)	Continuo 1 min

Fuente: (Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

Los perfiladores acústicos fueron programados para medir de manera continua durante los cinco días de muestreo y en cada una de las celdas de medición en la columna de agua. Se prefirió utilizar altas frecuencias para poder capturar todos los procesos de interés. El velocímetro puntual Vector, igualmente midió a 8 Hz de forma continua, pero este aparato solo mide niveles, temperaturas y las variaciones de velocidad en un volumen localizado a 15 cm del transductor. El procesamiento incluyó la identificación y eliminación de datos tomados mientras los instrumentos se encontraban fuera del agua,

datos espurios cuyo valor quedaba fuera de 3 veces la desviación estándar (3σ), y se realizaron promedios de las corrientes cada 17 minutos para conocer los patrones de variación eliminando efectos de oleaje y turbulencia, que no son considerados por el modelo numérico.

Figura 8.27. (a) Mapa del Sistema Lagunar Nichupté-Bojorquez (SLNB), obtenido de Google Earth, que muestra las posiciones de los instrumentos instalados. Ver Tablas 1, 2 y 3 para mayor detalle. (b) Signature 500 (S500) en boca norte (Calinda), (c) Aquadopp (AQP) y CTD Diver 01 en boca sur (Nizuc) y Vector (Vec) + CTD Diver 2 en el cuerpo de la laguna.



Fuente: (Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021)

8.6.6.3 Implementación del modelo hidrodinámico y de dispersión

8.6.6.3.1 Modelo numérico DELFT 3D

El Delft3D (<https://www.deltares.nl/en/software/delft3d-4-suite/>) es un modelo numérico para ambientes acuáticos desarrollado por Deltares (WL|Delft Hydraulics) en conjunto con la Universidad Tecnológica de Delft. El modelo permitió realizar la simulación hidrodinámica del flujo, transporte de constituyentes en el agua, generación y propagación del oleaje, morfología en aguas costeras, así como procesos ecológicos y calidad del agua (Lesser et al., 2004; Trouw et al., 2012).

Para generar los resultados del presente informe se utilizó el módulo FLOW, el cual es un programa de simulación hidrodinámica tridimensional que permite calcular las corrientes y el transporte resultantes de las fuerzas de marea y viento en una malla numérica. Esto lo logra resolviendo las ecuaciones de Navier Stokes:

$$\frac{DV}{Dt} = -\frac{1}{\rho}\nabla P - 2\Omega \times V + g + F$$

donde las fuerzas generadoras de movimiento son representadas por los términos a la derecha del signo igual y corresponden a los gradientes de presión, la aceleración de Coriolis, la gravedad (g) y fuerzas no lineales como la fricción (F). La ecuación se resuelve por diferencias finitas, para un fluido incompresible, considerando la aproximación de Boussinesq ($D\rho/Dt=0$).

La implementación del modelo requirió construir una malla numérica georreferenciada del sitio de estudio (discretización), interpolar la batimetría a dicha malla, como frontera de fondo, y definir las otras condiciones de frontera (i.e. laterales y de superficie) que representan a los forzamientos (i.e. flujos, niveles de mar y viento). Un importante y último paso, es determinar el intervalo de tiempo dt para los cálculos numéricos, lo cual se hace en función de los valores de velocidad calculados, la resolución de la malla y la profundidad del sitio, cumpliendo la condición del criterio de Courant Lewy Friedrichs, el cual puede ser estimado dentro del Delft3D-FLOW (Deltares, 2019). Esto determina la estabilidad del modelo numérico y la calidad de los resultados.

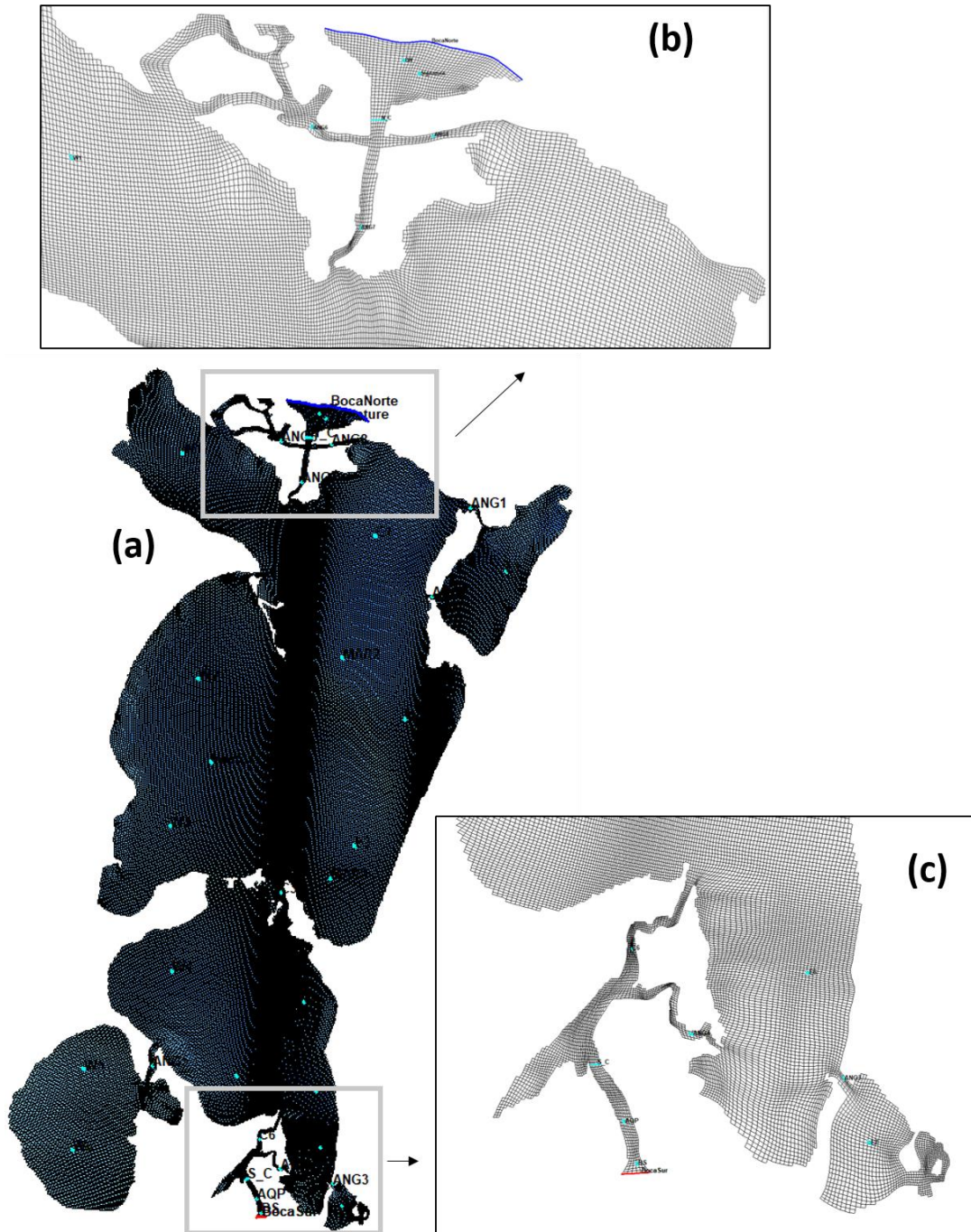
8.6.6.3.2 Malla numérica, forzamientos y batimetría

La **Figura 8.28** muestra la malla numérica implementada, la cual abarca la totalidad del Sistema Lagunar Nichupté. Es imprescindible generar una malla que resuelva adecuadamente los rasgos fisiográficos más importantes del sistema (canales angostos, cuerpos de agua secundarios y líneas de costa) para lograr resultados que se aproximen lo más posible a la realidad y puedan ser validados. Esto no es tarea fácil en un sistema lagunar tan amplio y con constricciones tan fuertes en sus bocas como el SLN. La malla que se presenta en la **Figura 8.28** es adaptativa, con resolución variable entre 3 y 36 m, para permitir el flujo en los estrechamientos, lo que le da un número de celdas de 575 x 312. El modelo tiene dos fronteras abiertas: la boca Norte (Calinda), representada con una línea continua azul en la **Figura 8.28b**, la cual es forzada con mediciones de niveles del mar; y la boca la sur (Nizuc), representada con una línea continua roja en la **Figura 8.28c**, que es forzada con flujos medidos de entrada/salida al SLN. La superficie del agua en el modelo recibe forzamiento de viento uniforme en todo el dominio, lo cual se

justifica por la carencia de rasgos orográficos prominentes. Los datos de viento, medidos a 10 m de altitud, fueron obtenidos de la estación meteorológica del Servicio Académico de Monitoreo Meteorológico y Oceanográfico (SAMMO) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la UNAM, localizado a 30 km al sur, en Puerto Morelos, Q.R. Los datos de magnitud y dirección de viento utilizados para realizar este estudio abarcan desde julio 2020 hasta julio 2021. Dada la somera profundidad del SLNB, este modelo se implementa como promediado en la vertical, pues no se considera que los gradientes verticales de velocidad sean lo suficientemente relevantes al interior de la laguna en comparación con la fricción y para los objetivos de este estudio.

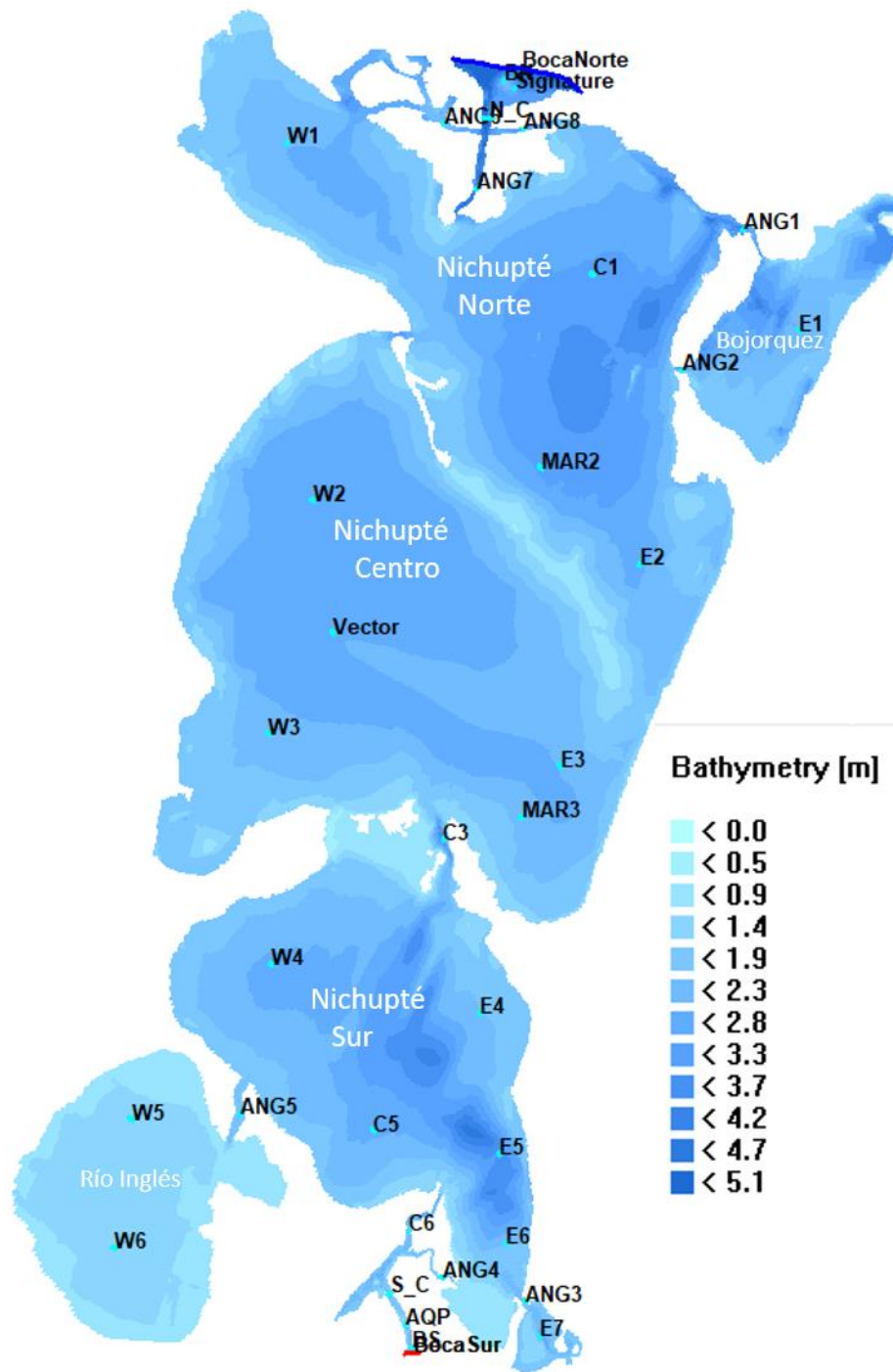
La **Figura 8.29** muestra la batimetría medida (descrita en la sección 3.1), la cual fue procesada, interpolada y adaptada a cada una de las celdas de la malla computacional presentada en la **Figura 8.28**. Los distintos tonos de azul representan distintos rangos de profundidad en metros. Se muestran con marcadores color azul brillante los puntos de observación implementados en la malla numérica para comparar con mediciones y comprender el comportamiento del modelo. En la **Figura 8.29**, los marcadores que comienzan con una letra “E” están ubicados en el este del dominio, los que tiene una letra “C” están en el centro, “W” son aquellos que están en el oeste, y los denominados “ANG” se encuentran en las angosturas de la laguna. Es notorio que el SLNB tiene múltiples cuencas, las más aisladas son la laguna Bojórquez (E1) y el Río Inglés (W5 y W6). La cuenca central, donde se instaló el Vector (Nichupté Centro), es la más amplia y somera. La cuenca sur de Nichupté es la que tiene las profundidades más grandes llegando hasta 5 m en algunas secciones.

Figura 8.28. (a) Malla numérica de todo el dominio del SLNB, (b) detalle de la malla en Calinda (norte) y (c) en Nizuc (sur).



Fuente: (Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021)

Figura 8.29. Batimetría medida, interpolada a la malla numérica presentada en la figura anterior. Los marcadores son puntos de observación para monitorear el desempeño del modelo.



Fuente: (Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021)

8.6.7 Diagnóstico Ambiental del Agua

En abril de 2021 se llevó a cabo el trabajo de campo para determinar la calidad del agua estuarina-marina superficial con el objetivo de caracterizar la variación hidrológica asociada al Sistema Lagunar Nichupté.

8.6.7.1 Colecta de datos y muestras

8.6.7.1.1 Parámetros fisicoquímicos y porcentaje de luz incidente

En cada estación de muestreo se evaluaron “in situ” los parámetros temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (ups), pH, oxígeno disuelto (mg l^{-1}) y saturación de oxígeno (%) con una sonda multiparamétrica (YSI Professional Plus) en cada estación de muestreo (**Figura 8.30a**). Adicionalmente, se midió la profundidad de la columna de agua (m) con ayuda de un profundímetro HONDEX PS-7 (**Figura 8.30b**).

Figura 8.30. Determinación de parámetros fisicoquímicos. a) Determinación de temperatura, pH, con una sonda multiparamétrica. b) Determinación de la profundidad.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

La medición de la temperatura del agua tiene importancia porque se asocia diversos procesos que se desarrollan en esta; por ejemplo, un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. En el caso de la actividad biológica esta aumenta con el incremento de la temperatura, duplicándose la actividad por cada diez grados de aumento de la temperatura (ley del Q10); sin embargo, superado un cierto valor

característico de cada especie viva, llega a tener efectos mortales para los organismos (Aznar, 2000).

La salinidad varía según los procesos físicos como la evaporación y la precipitación; la variación es más pronunciada en la interfase mar-aire, y puede ser ocasionada por el movimiento de las masas de agua. En las áreas costeras es frecuente observar mezclas de aguas de diferentes salinidades, especialmente por la difusión de una masa de agua dentro de otra, como por ejemplo aguas de ríos o estuarios en el mar o viceversa, por lo que es utilizada como indicador de los aportes de agua dulce en la zona marina (Lalli y Parsons, 1997).

El pH es el logaritmo decimal negativo de la concentración molar de iones hidrógeno. Debido a que la constante disociación del ácido carbónico está en función de la salinidad, temperatura y presión. En el agua de mar los compuestos de carga negativa son más abundantes y favorecen valores alcalinos de pH, presentando un valor promedio de 8.2; los valores de pH bajos menores a 7 se relacionan con procesos de descomposición de materia orgánica y liberación de ácidos; es relevante señalar que la introducción de sustancias tóxicas provenientes de la industria, generalmente hacen bajar los valores de pH (Riley y Chester, 1989).

El oxígeno disuelto en el agua es un indicador del balance entre fotosíntesis y respiración y por lo tanto de la carga orgánica al sistema, siendo utilizado en las determinaciones de producción primaria (Conde y Gorga, 2016). Su disminución se ve afectado por fenómenos de absorción, respiración de los diferentes organismos aerobios, por la descomposición de materia orgánica de origen natural como es de los manglares o de origen antropogénico (aguas residuales). Adicionalmente los contaminantes utilizan el oxígeno libre en reacciones químicas de oxidación, lo que lo reduce significativamente (Betancourt et al., 2009; Carbajal-Pérez, 2009).

Nutrientes inorgánicos y Clorofila a (Cl-a)

En los cuerpos de agua los nutrientes son sustancias fundamentales para el metabolismo de todo organismo vivo, ya que forman parte de él. Son determinantes en el inicio de la cadena alimenticia acuática ya que estimulan el crecimiento del fitoplancton y posteriormente el desarrollo de peces y crustáceos (Cárdenas y Sánchez, 2013). Sin embargo, la entrada en exceso de nutrientes comienza a ser un problema cuando se incrementan al grado de cambiar las características y funciones del ecosistema marino (Jickells, 1998; NAWQA, 1999).

Es así como, para referirse a un ambiente rico en nutrimentos se utiliza el término eutrofización, cuyo significado literal es “resultado o efecto de una buena alimentación”, pero que en términos ecológicos se utiliza para describir hábitats y comunidades relativamente productivos con un buen aporte de nutrientes (UKEA, 1998). Los principales efectos ecológicos de la eutrofización son la alteración de los flujos de energía e incremento en la severidad de la reducción del oxígeno. Aumento de la producción primaria y secundaria incrementa la turbidez; y en cuanto a la respuesta biológica, el primer síntomas es el incremento de la biomasa de fitoplancton (medida como clorofila-a), y reducción de la biodiversidad. Se favorece la proliferación y dominancia de especies tolerantes a los nutrientes, la alta turbidez, bajo oxígeno, ocasionando el desplazamiento de las especies más susceptibles y de mayor valor ecológico, cambiando la estructura de las comunidades fitoplanctónicas en la zona costera y la estructura trófica (USEPA, 1992; Tróccoli, 2001).

Para determinar el estado trófico, en cada estación se tomaron muestras discretas de agua superficial con una botella tipo Van Dorn de 2 L, posteriormente se tomaron submuestras de agua en botellas de plástico de alta densidad e inerte con capacidad de 1 L para la cuantificación de nutrientes inorgánicos y la concentración de clorofila-a (**Figura 8.31**). Inmediatamente después de tomar la muestra, se almacenaron en una hielera donde se mantuvieron a una temperatura de 4°C hasta su filtración, la cual se llevó a cabo el mismo día al finalizar el muestreo.

El fósforo se encuentra en aguas naturales y residuales mayormente como fosfatos, los cuales se clasifican en ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta, y otros polifosfatos) y fosfatos orgánicos. Los ortofosfatos son la única forma mineral soluble de fósforo presente en el mar, los cuales se asimilan tanto en la luz como en la oscuridad, siendo de gran importancia en las interacciones fisicoquímicas y biológicas del ecosistema acuático (Cervantes-Duarte y Guerrero-Godínez, 1998).

Este nutriente es considerado un parámetro crítico en la calidad de aguas debido a su influencia en el proceso de eutrofización y sus altas concentraciones son indicadoras de contaminación. Entre las fuentes de fósforo de origen antropogénico se incluyen aguas servidas domésticas e industriales; adicionalmente se incluyen las generadas por la escorrentía de áreas agrícolas y domésticas (Severiche-Sierra y González-García, 2012).

Figura 8.31. Toma de muestras con botella Van Dorn para el análisis de nutrientes y Cl-a.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021).

En cuanto a los compuestos nitrogenados (CN) cobran relevancia, ya que es un elemento esencial en las funciones metabólicas de los seres vivos (Cervantes y Guerrero, 1998). Los tres principales problemas ambientales asociados con su presencia en el sistema acuático son: el aumento de la acidez, el desarrollo de eutrofización y el aumento de las concentraciones hasta niveles tóxicos tanto en aguas superficiales como subterráneas que limitan su uso principalmente como fuentes de agua para consumo humano o en acuicultura, donde la acumulación de N orgánico suele impedir la operación exitosa de sistemas de reutilización.

Los nitratos entran al agua vía ciclo del nitrógeno, aunque también lo hacen en menor medida a través de los minerales disueltos. En casi todas las aguas naturales existen pequeñas concentraciones de nitratos y varían de 0 a 70 mg/L, siendo muy raros dichos extremos; por lo común provienen de la materia orgánica nitrogenada de origen animal, ya que la descomposición de materia vegetal en el suelo libera pocos nitratos. Las concentraciones importantes de nitratos en el agua costera pueden indicar

contaminación tierra adentro con aguas negras o desechos animales (Riley y Chester, 1989; USEPA, 1992).

La presencia de nitritos en el agua natural indica que algún material orgánico nitrogenado, proveniente de aguas negras o desechos animales, está sujeto a oxidación o nitrificación activa, y que el proceso aún no ha concluido. El nitrito es producido a partir del amoníaco por otras bacterias que lo oxidan como fuente de energía (Riley y Chester, 1989). Es un compuesto intermedio entre el nitrato y el amonio.

El amonio puede ser considerado como indicador de la actividad biológica o como índice de contaminación. Es el compuesto que aparece primero en los procesos de descomposición de la materia orgánica y del metabolismo de los organismos vivos (USEPA, 1992).

En cuanto a los silicatos, son nutrientes disueltos que se miden a través del sílice reactivo soluble, el sílice se incorpora al mar principalmente por precipitación o escorrentía proveniente de tierra adentro, por lo que puede manejarse a manera de trazador de agua subterránea gracias a su comportamiento semi-conservativo; así mismo, el sílice es importante para el ciclo de vida de ciertos organismos como las diatomeas (Herrera-Silveira, 1999).

La concentración de Cl-a es una estimación de la abundancia del fitoplancton, el cual es estimulado por los nutrientes. Este pigmento ocupa un lugar especial debido a que funciona como catalizador fotoquímico esencial al que otros pigmentos transfieren energía. Sus altas concentraciones corresponden a un fitoplancton muy productivo y por lo general están asociadas con aguas ricas en nutrientes (Contreras et al., 1994).

Cafeína en la columna de agua

Para el análisis de la concentración de cafeína, se colectaron muestras superficiales en botellas de vidrio color ámbar con capacidad de 1 L. Las muestras se transportaron y almacenaron en refrigeración hasta su análisis en el laboratorio (**Figura 8.32**).

La cafeína es un indicador de los impactos humanos a las aguas subterráneas. Este compuesto es consumido exclusivamente por los humanos llegando a las aguas domésticas y aguas negras. Por lo tanto, su presencia en aguas naturales indica diversas fuentes de contaminación como tanques sépticos, así como el tratamiento de aguas residuales de descarga a las aguas superficiales y subterráneas de la superficie de intercambio de agua en los sistemas acuíferos aluviales (Gil *et al.*, 2012).

Figura 8.32. Colecta de muestras para el análisis de cafeína con botellas de vidrio color ámbar.



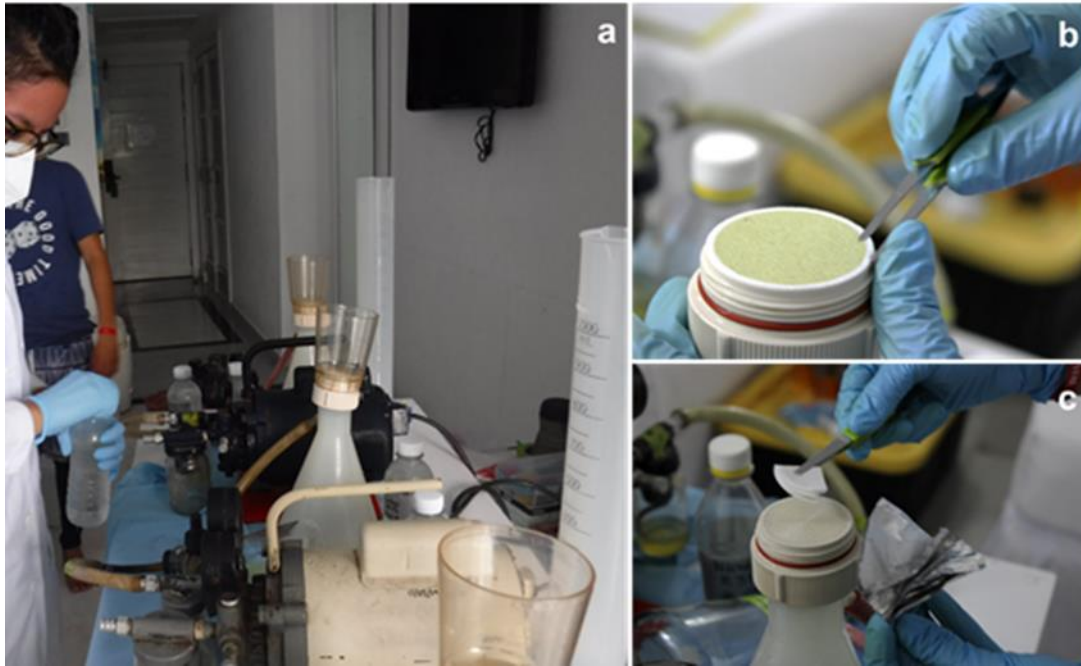
Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

8.6.7.1.2 Análisis de muestreos en el laboratorio

Nutrientes inorgánicos

Para la determinación de nutrientes inorgánicos: Nitritos+Nitratos, ($\text{NO}_2\text{-NO}_3^-$), amonio (NH_4^+), fósforo reactivo soluble o fosfatos (FRS) y sílice reactivo soluble o silicato (SiRS), las muestras colectadas fueron filtradas (≈ 1000 ml) utilizando filtros de nitrocelulosa Millipore® de 47 mm de diámetro y una apertura de poro de $0.45 \mu\text{m}$ (**Figura 8.33**). El agua filtrada se almacenó en botellas de plástico previamente lavadas con ácido débil y enjuagadas con agua desionizada. Tanto las muestras de agua como los filtros obtenidos se almacenaron en congelación (-4°C) hasta su análisis en laboratorio.

Figura 8.33. Procesamiento de muestras de nutrientes y CI-a; a) filtrado de muestras; b) y c) almacenamiento de filtro con el extracto de CI-a.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

Espectrofotometría

La cuantificación de los nutrientes inorgánicos se realizó por colorimetría utilizando un espectrofotómetro Agilent Cary 60 (Agilent Technologies) equipado con UV/VIS, usando celdas de 1 cm paso de luz, siguiendo las técnicas descritas por Strickland y Parsons (1972). Es importante mencionar que estas son las técnicas aprobadas en la comunidad científica para agua salada y salobres, que además se pueden utilizar en agua dulce no residual.

El principio de esta técnica se basa en el desarrollo de un compuesto coloreado mediante reactivos específicos. Esta sustancia posee un espectro molecular característico que absorbe radiación a una longitud de onda específica de acuerdo con su estructura química (Aubriot *et al.*, 2016). Por lo tanto, la intensidad en su color es proporcional a su concentración (**Figura 8.34**).

Para el análisis de cada nutriente se construyeron curvas de calibración con muestras de concentración conocida, lo que permitió interpolar la concentración en las muestras colectadas.

Figura 8.34. Cuantificación de nutrientes inorgánicos mediante técnicas colorimétricas empleando un espectrofotómetro UV/VIS.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021).

A continuación, se presentan las reacciones específicas para la detección de cada nutriente inorgánico (**Figura 8.35**).

Determinación de nitratos

La cuantificación del mayor estado de oxidación del nitrógeno (nitrato; NO_3^-) se realizó de una forma indirecta por la reducción de nitratos a nitritos, la cual se lleva a cabo al pasar la muestra a través de una columna cadmio–cobre (**Figura 8.35b**). El nitrito producido se cuantificó por la diazoación con sulfanilamida y acoplamiento con dihidrocloruro de N-(1-naftil)-etilendiamina para formar un compuesto azo altamente coloreado cuya extinción se midió espectrofotométricamente utilizando una celda de 1 cm a 543 nm de longitud de onda. Esta reacción es de mucha sensibilidad permitiendo detectar valores de hasta $0.05 \mu\text{mol/L}$ (Strickland y Parsons, 1972).

Determinación de nitritos

La determinación de la concentración del nitrógeno en forma de nitritos NO_2^- es básicamente el mismo que para determinar nitratos solo que sin el paso de la muestra a través de la columna reductora. Los nitritos reaccionan con la sulfanilamida en una solución ácida a un pH de 2.0 a 2.5 de acuerdo con la reacción de Griess, formándose un compuesto diazo que al acoplarse con el dihidrocloruro de N-(1-naftil)-etilendiamina formó un compuesto azo altamente coloreado (color rosa), cuya extinción se midió espectrofotométricamente utilizando una celda de 1 cm a 543 nm de longitud de onda

(Strickland y Parsons, 1972). Esta reacción es de mucha sensibilidad permitiendo detectar valores de hasta $0.01 \mu\text{mol l}^{-1}$.

Determinación de amonio

La cuantificación del nitrógeno amoniacal (NH_4^+) se realizó con el método del fenol-hipoclorito, el cual se basa en la formación de un compuesto color azul obtenido mediante el tratamiento de la muestra con fenol e hipoclorito de sodio en un medio alcalino en presencia de nitroprusiato de sodio como catalizador. La extinción del azul de indofenol formado con el amonio se midió por espectrofotometría a 640 nm utilizando una celda de 1 cm. Esta reacción permitió la detección de valores de hasta $0.1 \mu\text{mol l}^{-1}$ (Strickland y Parsons, 1972).

Determinación del Fósforo Reactivo Soluble (FRS)

El fósforo reactivo soluble (FRS) se determinó usando el método del molibdato azul, basado en la reacción de la muestra con reactivo mezclado que contiene ácido molibdico, ácido ascórbico y antimonio trivalente. El complejo formado fue reducido para dar como resultado una solución azul. La extinción del molibdato azul se midió con el espectrofotómetro a 885 nm usando una celda de 1 cm. Esta reacción es de mucha sensibilidad y permitió detectar valores de hasta $0.03 \mu\text{mol l}^{-1}$ (Strickland y Parsons, 1972).

Determinación del Sílice Reactivo Soluble (SRS)

El sílice reactivo soluble (SiRS) se determinó por el método del molibdato azul. El complejo de sílico-molibdato se reduce con una solución de metol y ácido oxálico, produciéndose un color azul proporcional a la concentración de sílice. La extinción se midió espectrofotométricamente a 810 nm con una celda de 1 cm. Cualquier otro complejo de molibdato es descompuesto por el agente reductor. Esta técnica permitió detectar valores de hasta $0.1 \mu\text{mol l}^{-1}$ (Strickland y Parsons, 1972).

Cuantificación de Clorofila a (Cl-a)

La Cl-a se determinó usando el método propuesto por Richards y Thompson (citado por Strickland y Parsons, 1972) con algunas modificaciones de Creitz y Richards (citado por Strickland y Parsons, 1972). Este método se basa en la transferencia de los pigmentos lipídicos (clorofilas y carotenoides) a un solvente orgánico que posteriormente se cuantifica por espectrofotometría. Se empleó un equipo Cary 60 (Agilent Technologies) equipado con UV/VIS y las lecturas se realizaron en celdas de cuarzo de 1 cm paso de luz.

Figura 8.35. a) Preparación de muestras para análisis de nutrientes; b) Reducción de nitratos a nitritos empleando una columna cadmio-cobre para la cuantificación de nitratos; c) Lectura de muestras por espectrofotometría UV/VIS.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021).

Extracción

Los filtros (**Figura 8.36a**) fueron transferidos a tubos para centrífuga con tapa de rosca y se añadieron 10 ml de acetona al 90 % (**Figura 8.36b**), posteriormente se agitaron y dejaron reposar durante 24 horas en la oscuridad y a -4°C . Transcurrido el tiempo de extracción los tubos se centrifugaron a 2,500 rpm (**Figura 8.36c**) durante 15 minutos para ser leídos inmediatamente en el espectrofotómetro a las siguientes longitudes de onda: 750, 644, 647 y 630 nm.

Acidificación

La clorofila se degrada naturalmente en diversas moléculas denominadas feopigmentos (feofitina, clorofilida, etc.). Estos feopigmentos ocasionan interferencia a la hora de la lectura de las muestras en el espectrofotómetro, ya que además de encontrarse naturalmente en el ambiente también presentan máximos de absorción a las mismas longitudes de onda que la clorofila *a* (Bonilla *et al.*, 2016). Por lo que para eliminar el aporte de estas moléculas fue necesario acidificar la muestra con HCl y leer en el espectrofotómetro a las mismas longitudes de onda (750, 644, 647 y 630 nm).

Cuantificación

La cuantificación se realizó con la fórmula propuesta por Jeffrey y Humprey (1975):

$$Cl - a \left(\frac{mg}{m^3} \right) = (11.85 * (Abs_{664} - Abs_{750})) - (1.54 * (Abs_{664} - Abs_{750}) - (0.08 * (Abs_{664} - Abs_{750}))) * \frac{VE(ml)}{V(L)}$$

Donde:

VE = Volumen del extracto = 10 ml

V = Volumen de muestra filtrado en litros

Figura 8.36. a) Obtención de muestra para el análisis de Clorofila a; b) Extracción de Clorofila a; c) Preparación de muestras para análisis espectrofotométrico.

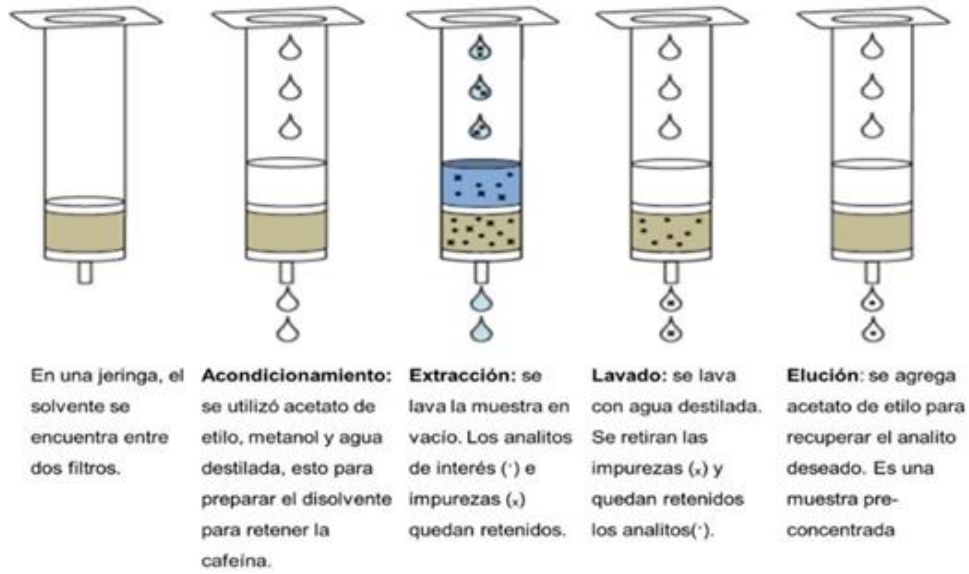


Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021).

Cuantificación de la Cafeína

La determinación de cafeína se realizó mediante una Extracción en Fase Sólida (EFS), **Figura 8.37**. Posterior a la extracción, la muestra se evaporó con nitrógeno en condiciones de calor y se almacenó en viales ámbar de 2 ml. Los viales se etiquetaron y se guardaron en frío protegiéndolos de la luz. Finalmente, la muestra se reconstituyó y se analizó en un Cromatógrafo de Gases acoplado a un Espectrómetro de Masas (GC-MS), **Figura 8.38** y **Figura 8.39**. Se realizó una curva de calibración y se obtuvieron las concentraciones de cafeína presentes en cada muestra ($ng\ l^{-1}$).

Figura 8.37. Diagrama de la Extracción en Fase Sólida (EFS) utilizado en las muestras de cafeína obtenidas en el Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez.



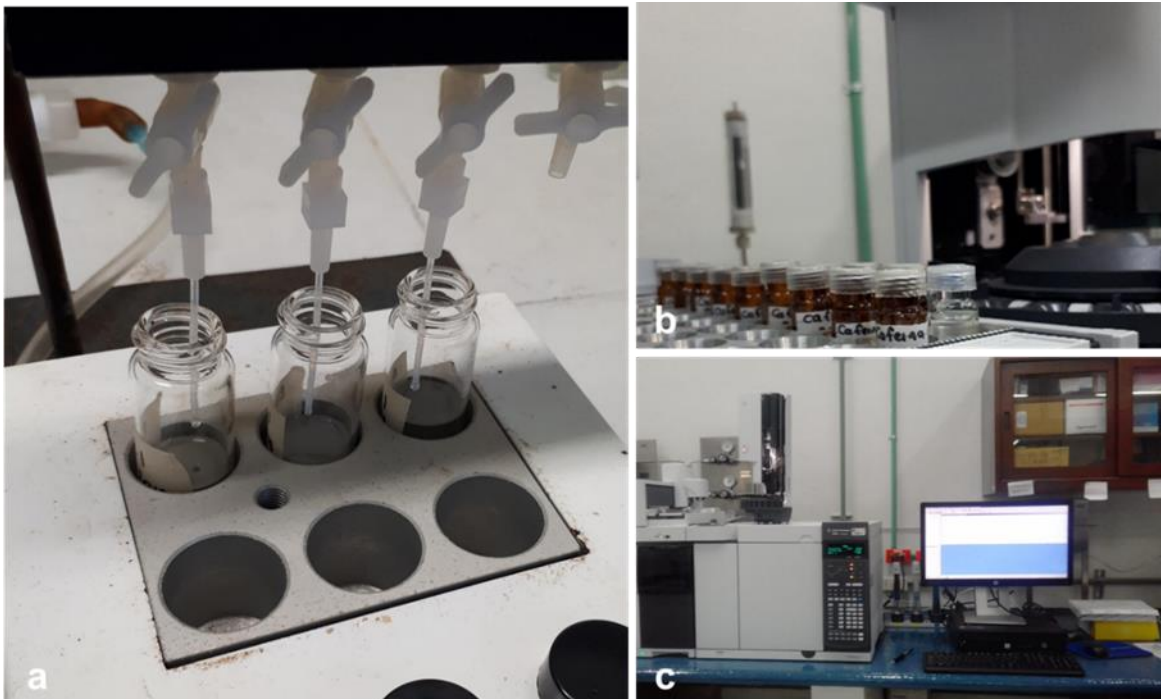
Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021), modificada de Canela, 2014.

Figura 8.38. Análisis de muestras de cafeína obtenidas en el Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez. a) Extracción durante la EFS realizada en el laboratorio y b) Elución durante la EFS.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

Figura 8.39. Análisis de muestras de cafeína obtenidas en el Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez. a) Evaporación de la muestra recuperada; b-c) Análisis de muestras de cafeína con cromatógrafo de gases.



Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021)

8.6.7.1.3 Análisis e integración de datos

Representación espacial de las variables

El análisis de datos consistió en la elaboración de una base de datos conformada por datos tomados “in situ” y los resultados de laboratorio.

Se generaron representaciones del comportamiento de cada variable a partir del procesamiento geoespacial de la información que resultaron en representaciones de los valores. Se recurrió a la interpolación de los puntos para generar una capa continua de información en el área de estudio. Para la representación se probaron diferentes métodos de interpolación, seleccionándose para este reporte el IDW (por sus siglas en inglés; ponderación de distancia inversa). La interpolación predice valores para las celdas de un ráster a partir de una cantidad limitada de puntos de datos de muestra. Puede utilizarse para predecir valores desconocidos de cualquier dato de un punto geográfico, tales como concentraciones químicas.

La herramienta IDW utiliza un método de interpolación que estima los valores de las celdas calculando promedios de los valores de los puntos de datos de muestra en la vecindad de cada celda de procesamiento. Cuanto más cerca está un punto del centro

de la celda que se está estimando, más influencia o peso tendrá en el proceso de cálculo del promedio

Evaluación de la condición de la calidad de agua

El estado trófico de un sistema acuático es indicador de la calidad del ecosistema y es específico para cada sitio por las características particulares que presenta cada uno de ellos. La cuantificación de los nutrientes y Cl-a forman parte esencial del concepto de trofismo, esto es, clasificar a los cuerpos acuáticos desde los pobres en nutrientes (oligotróficos) o excedentes en ellos (hipereutrófico). Siendo más específicos, se conocen cinco estados tróficos: oligotrófico, bajo nivel de nutrientes y productividad biológica; mesotrófico, estado medio de nutrientes y producción biológica; eutrófico, ricas en nutrientes y altamente productivas; e hipereutrófico o distrófico, alto enriquecimiento de nutrientes y crecimiento excesivo de productores primarios (fitoplancton, macroalgas) (UKEA, 1998).

Para determinar la calidad del agua se aplicó el índice trófico TRIX de acuerdo con lo propuesto por Jorgensen et al. (2005) y Vollenweider et al. (1998). Este índice resume en un valor numérico escalado del 0 a 10 las condiciones tróficas del sistema de las aguas costeras (**Tabla 8.22**). Este indicador es la combinación lineal de 4 variables (oxígeno disuelto, Cl-a, FRS y Nitrógeno inorgánico disuelto ($NID = NO_2^- + NO_3^- + NH_4^+$) y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$TRIX = [\log_{10}(Cl - a * D\%O * N * P) - (a)]/b$$

Donde:

Cl-a = clorofila a ($mg\ l^{-1}$)

D%O = oxígeno disuelto como la desviación absoluta del % de saturación (100-O2D%)

N = nitrógeno inorgánico disuelto ($mg\ l^{-1}$)

P = fósforo inorgánico ($mg\ l^{-1}$)

a = -1.5 y b = 1.2, (constantes determinadas en base a los límites superior e inferior de los parámetros para los valores recabados con los datos del Mar Adriático Septentrional).

Tabla 8.22. Escala de clasificación de los niveles tróficos del índice de TRIX.

Índice TRIX	Nivel trófico	Calidad del agua		Característica del agua
2 a 4	Oligotrófico	Muy buena	●	Productividad baja, nivel trófico bajo
4 a 6	Mesotrófico	Buena	●	Productividad moderada, nivel trófico medio
6 a 7	Eutrófico	Regular	●	Productividad moderada-alta, nivel trófico medio-alto
7 a 9	Hipereutrófico	Mala	●	Productividad alta-muy alta, nivel trófico alto-muy alto

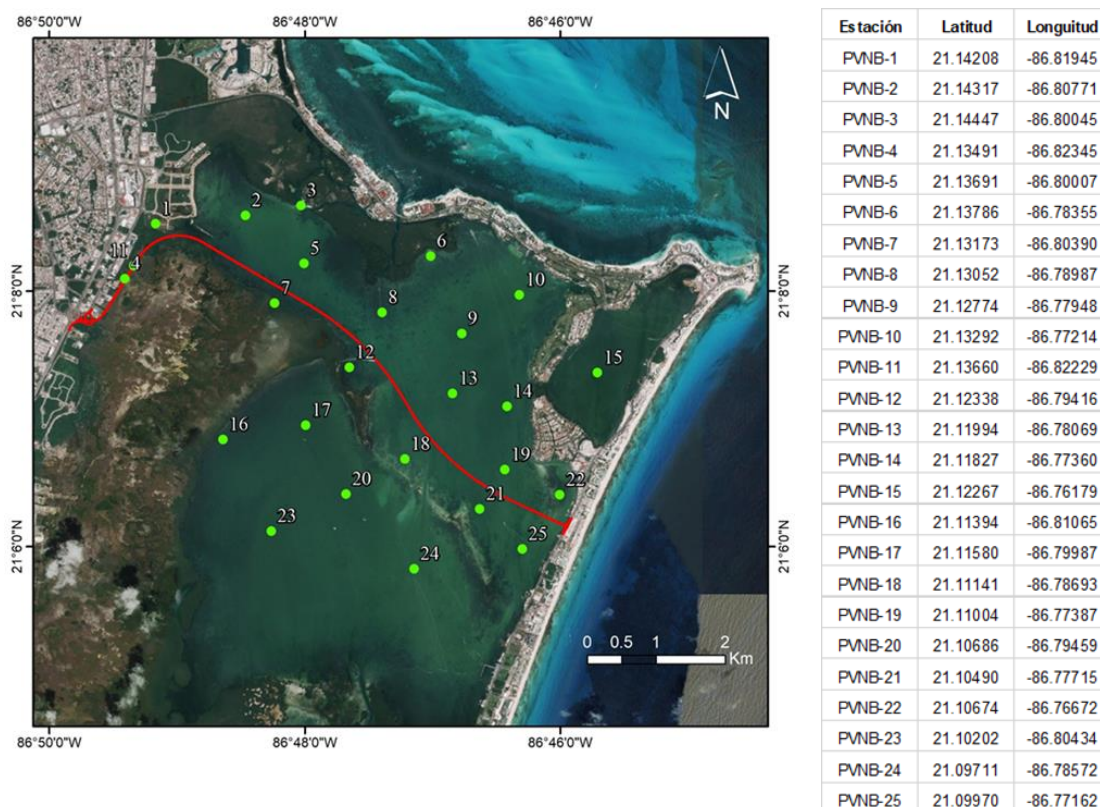
Fuente: (Diagnóstico Ambiental del Agua, 2021) modificado de Vollenweider, 1998.

Este índice fue desarrollado para aguas transparentes, con pocos nutrientes y fitoplancton como las del Caribe mexicano, por ello, la condición que se espera es de oligotrófica (muy buena). Jordán et al., (1978) describió al Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez como oligotrófico; sin embargo, actualmente presenta signos de eutrofización los cual se pudo confirmar con los resultados obtenidos en este estudio.

8.6.8 Hidrocarburos y metales en el Sistema Lagunar Nichupté

Entre abril y mayo del 2021 se realizó la colecta de muestras de agua, sedimento y pastos o manglar fueron recolectadas en la laguna Nichupté. La ubicación de las estaciones de muestreo se presenta en la (Figura 8.40).

Figura 8.40. Representación espacial de las estaciones y coordenadas de cada sitio de muestreo.



Fuente: (Contaminantes en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

8.6.8.1 Metodología en campo

A continuación, se muestra la metodología seguida en campo, con base al analito requerido: NMX-AA-051-SCFI-2016 para metales en agua, la NMX-AA-132-SCFI-2006 para el muestreo de sedimento, las NMX-AA-074-SCFI-2014, NMX-AA-073-SCFI-2001, NMX-AA-072-SCFI-2001, NMX-AA-036-SCFI-2001 para la cuantificación de sulfatos, cloruros, dureza y alcalinidad respectivamente, Noreña, et.al., (2007) PAHs en sedimentos y Wade, et.al., (1988) para PAHs en agua y sedimentos.

El día 27 de abril se calibraron las dos sondas multiparamétricas con las especificaciones del fabricante, utilizando soluciones de calibración certificadas.

En cada estación se realizó lo siguiente (**Figura 8.41**):

- Medición de parámetros fisicoquímicos. (Temperatura, % de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Sólidos Disueltos Totales, Salinidad, pH, ORP) con las sondas multiparamétricas YSI Professional Plus e YSI 2030
- Recolección de muestras: se realizó dependiendo de la matriz y el análisis a efectuar:

8.6.8.1.1 Recolecta de muestras de agua para nutrientes

Se recolectó el agua del sitio con una botella Van Dorn, y se llenó una botella plástica nalgene oscura de 1L, previamente enjuagada con agua del sitio.

8.6.8.1.2 Recolecta de muestras para fitoplancton

Se recolectó el agua del sitio con una botella Van Dorn, y se llenó una botella plástica de 250 ml, previamente enjuagada con agua del sitio. Posteriormente se le añadió 2 ml de lugol para fijar el fitoplancton.

8.6.8.1.3 Recolecta de muestras de agua para iones mayores

Se enjuagó cada frasco de 125 ml y 60 ml con agua del sitio, y se llenó cada uno con agua del sitio sumergiéndolo y se cerró dentro del agua.

8.6.8.1.4 Recolecta de muestras de agua para metales y arsénico

Se recolectó el agua del sitio con una botella Van Dorn, y se llenó una botella de plástico de PET de doble densidad de 1L de plástico blanco, previamente enjuagada con agua del sitio.

8.6.8.1.5 Recolecta de muestras de agua para hidrocarburos

Se enjuagó un frasco de vidrio ámbar de 2 L con agua del sitio, después se sumergió por la proa de la embarcación y se llenó en su totalidad con agua del sitio cerrando el

frasco dentro del agua. Se realizó la extracción de los componentes orgánicos en el sitio de la siguiente manera, se trasvasó los 2L de agua a un embudo de separación, se añadió 50 ml de diclorometano (Tedia), se agitó por 10 min, se dejó reposar hasta que se separaran las dos fases y se recuperó la fase orgánica en un frasco de vidrio ámbar, se volvió a repetir 2 veces hasta conseguir 150 ml de fase orgánica.

8.6.8.1.6 *Colecta de sedimentos para la cuantificación de metales e hidrocarburos*

Se utilizó una draga para recolectar el sedimento, la cual fue lanzada por la proa de la embarcación para después ser recuperado en una bolsa de plástico, para el análisis de metales y en un envase de vidrio para el análisis de hidrocarburos.

8.6.8.1.7 *Colecta de parámetro biológico (pastos o manglar)*

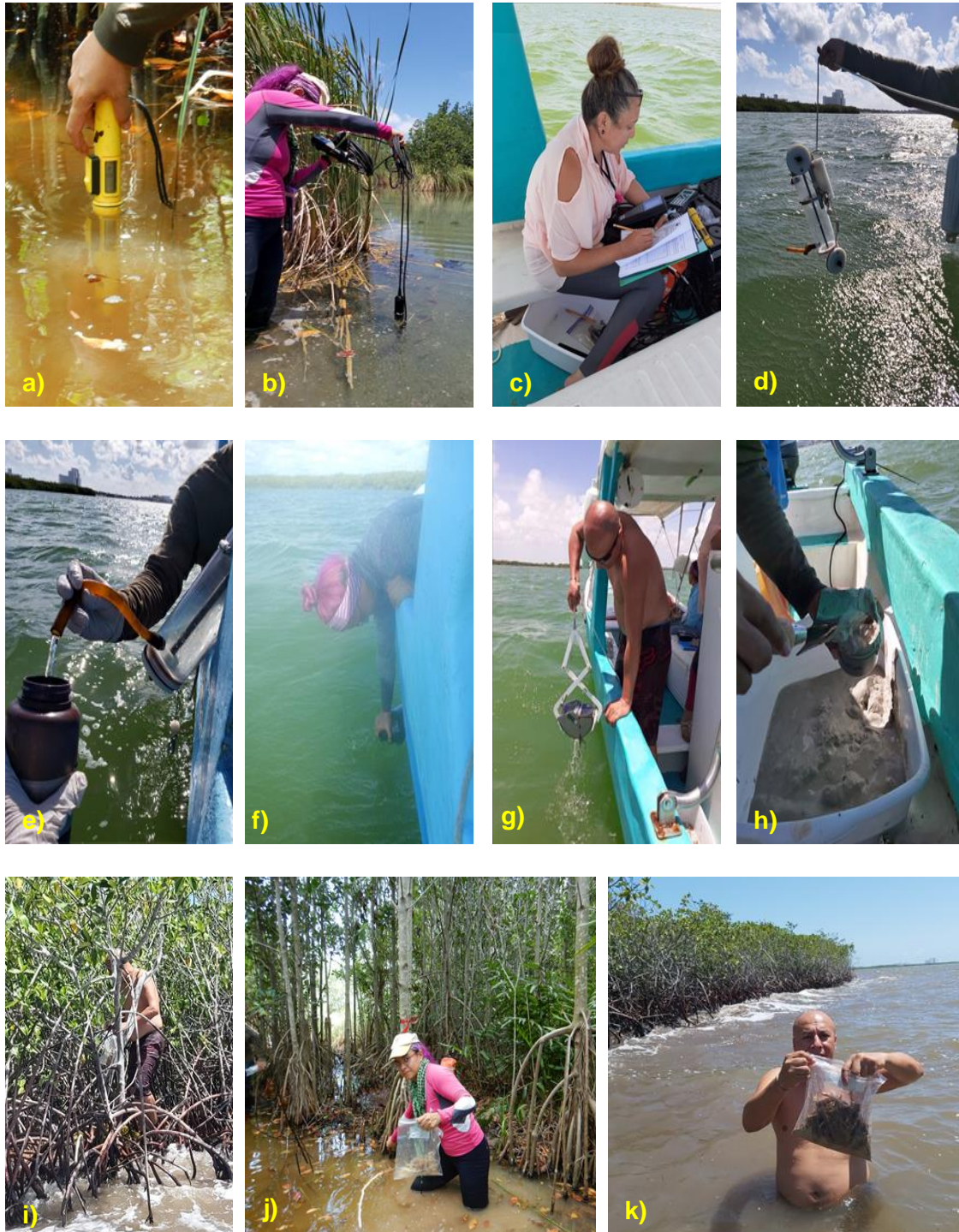
La recolecta del componente biológico se realizó con draga o de forma manual por medio de inmersión, de acuerdo a como lo permitía cada estación, para después ser recuperado. En una bolsa de plástico para el análisis de metales y en un envase de vidrio para el análisis de hidrocarburos.

En el caso de la recolecta de manglar, se recolectaron las raíces de estos y se almacenaron en una bolsa de plástico para el análisis de metales y en un frasco de vidrio para el caso de hidrocarburos.

Este componente solo fue recolectado en 11 estaciones, ya que en las estaciones restantes hubo ausencia de dicho componente biológico (pastos o manglar).

Todas las muestras recolectadas se almacenaron en una nevera y se mantuvieron en frío desde la recolecta hasta su entrega en el laboratorio. Los datos obtenidos en campo se encuentran debidamente registrados en la bitácora de campo (en formato físico y digital) con número de registro 12-NB-010521.

Figura 8.41. Archivo fotográfico de la obtención de muestras en campo, a) medición de profundidad, b) medición de parámetros fisicoquímicos, c) registro de los parámetros fisicoquímicos, d) toma de muestra de agua con botella Van Dorn, e) llenado de muestra para nutrientes f) toma de muestra de agua para hidrocarburos, g) uso de draga de sedimentos, h) recolecta de sedimento i) búsqueda de componente biológico, j) recolectando muestra de componente biológico, k) muestra de manglar recolectada, l) llenado de embudo de separación de la muestra de agua recolectada, m) medición del diclorometano con probeta, n) agitación del embudo de separación, o) extracción de la fase orgánica, p) recolecta de fase orgánica.





Fuente: (Contaminantes en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021), modificada por GPPA.

8.6.8.2 Metodología en laboratorio para hidrocarburos alifáticos e hidrocarburos aromáticos Policíclicos

8.6.8.2.1 Hidrocarburos en agua

Se concentró el extracto que se obtuvo en campo, dos veces: la primera concentración se realiza con evaporación bajo condiciones de vacío, y casi a sequedad, y el extracto se transfiere a tubos de concentración mediante lavados con diclorometano. La segunda concentración se lleva a cabo por evaporación con nitrógeno ultra puro. Finalmente, el extracto concentrado se purifica por cromatografía líquida empleando como eluyentes hexano para recuperar los compuestos alifáticos, hexano: diclorometano para recuperar los compuestos aromáticos, y diclorometano. Cada fracción se recupera en un vial etiquetado con los datos de la muestra correspondiente. Una vez que se obtienen los compuestos orgánicos de interés, el proceso de concentración por evaporación se repite para cada vial y el extracto de cada uno es re suspendido con isooctano. Previo a su análisis por cromatografía de gases masas (GC-MS) y por cromatografía de gases

acoplado a un detector de ionización a la flama (GC-FID) se agrega a cada vial un estándar interno para hidrocarburos lineales y uno para aromáticos policíclicos.

8.6.8.2.2 Hidrocarburos en sedimentos

En todos los casos, las muestras recolectadas se mantuvieron en refrigeración a 4° C durante hasta su llegada al laboratorio. En el caso de las concentraciones de hidrocarburos en los sedimentos, las muestras corresponden a los cinco primeros centímetros de la columna sedimentaria. Las muestras se colocaron en charolas de aluminio para su secado a 20° C. Una vez secos, se homogenizaron y pulverizaron utilizando un mortero de porcelana o ágata. El siguiente paso correspondió a la extracción y purificación de los hidrocarburos. La extracción de 3 g de muestra se realizó con columnas cromatografías empacadas con distintas resinas analizando en paralelo estándares para compuestos alifáticos y aromáticos Policíclicos en todos los muestreos como parte del control de calidad de los datos. Una vez extraídos los compuestos de interés, se llevó a cabo un proceso de concentración por evaporación en el que se usan gases ultrapuros como el nitrógeno. Al extracto final se le agregó diclorometano y estándares internos para hidrocarburos lineales y aromáticos previo a su análisis por la técnica de cromatografía de gases masas.

8.6.8.2.3 Hidrocarburos en componente biológico

El componente biológico (pastos o manglar) posterior a su recolección fue colocado en un vaso de vidrio (350 ml) previamente lavado con extran, agua desionizada, hexano y acetona grado cromatográfico y conservado a -4°C hasta su análisis en laboratorio. Una vez en laboratorio la muestra fue liofilizada (Liofilizadora Labconco) y posteriormente los compuestos fueron extraídos en un extractor DIONEX Thermo ASE 350 a 1500 psi utilizando cloruro de metileno grado cromatográfico.

Se utilizó cromatografía en columnas (30 cm de longitud y 20 mm de diámetro) empacadas con sílica gel 60-200 Sigma Aldrich activada a 180°C por 20h. La elución de las muestras se llevó a cabo con hexano grado cromatográfico (50 ml) y para la segunda elución se utilizó una mezcla 50:50 v/v de hexano y diclorometano grado cromatográfico. Las fracciones aromáticas fueron concentradas con flujo de nitrógeno ultra alta pureza y fortificadas utilizando una solución deuterada de hidrocarburos aromáticos Policíclicos (1-3 dimetil-2 nitrobenzenu; acenafteno δ^{10} , fenantreno δ^{10} , pireno δ^{10} , trifenil fosfato, cryseno δ^{10} y perileno δ^{10} UltraScientific). Se utilizó o-terpenil (Supelco) como estándar interno para todos los análisis como estándar de recuperación y para separar las fracciones aromáticas de las alifáticas por cromatografía de gases. Los compuestos se identificaron y cuantificaron utilizando un CG Clarus 500

Perkin Elmer acoplado a detector de masas utilizando una columna DB5-MS 0.25 mm x 0.25 mm. Las muestras se analizaron en modo "full scan" y por el método de ion selectivo.

8.6.8.3 Metodología para metales pesados

8.6.8.3.1 Metales en agua

Se realizó una extracción con una resina de intercambio iónico, Chelex 100. Se pesaron 3.5 g de resina, se empacó en la columna previamente lavada con HNO₃ AL 50% v/v, se pre acondicionó la resina con 10 ml de una solución de NH₄⁺ 1M, 30 ml de H₂O destilada y finalmente con 20 ml más de NH₄Ac 1M. A la muestra se le ajusto el pH entre 5.5 y 6 con NH₄Ac 1M, se trasvasó a la columna y se reguló a un flujo de 1ml·min⁻¹. Al término se trató la resina con 15ml de NH₄Ac 1M para remover la matriz de sales en la resina, se lavó con 25ml de H₂O destilada, y finalmente se adicionaron 20ml de HNO₃ 2M a la columna para la recuperación de los metales retenidos por la resina en un matraz de 25.0 ml el cual se aforó. Se cuantificó la concentración de Ni, Pb, V por la técnica analítica de Absorción Atómica (AA) acoplado a horno de grafito (AA-HG), con un equipo PINACLE900. El caso de As se cuantificó con la técnica de AA acoplado a generador de hidruros (AA-GH), y el Al y Sn se cuantificó con la técnica de AA acoplado a flama (AA-FLAMA) con un equipo Perkin Elmer AAnalyst 800.

8.6.8.4 Metales en sedimentos

Las muestras se transportaron en hielera y se almacenaron en moldes de plástico para cubos de hielo y se mantuvieron a -70 °C en el Ultra-congelador (Thermo Scientific) durante 4 horas, posteriormente se desmoldaron y liofilizaron (Labconco, modelo Freezone 2.5) en un período de 48 horas para lograr la extracción del agua intersticial del sedimento, reteniendo la estructura mineral de las arcillas. Las muestras liofilizadas se tamizaron a través de una malla de 500 micras se almacenaron en bolsas de cierre hermético hasta su tratamiento. La extracción de metales se realizó de acuerdo a los procedimientos de Loring y Rantala (1992) mediante digestión ácida utilizando un horno de microondas (Anton Paar, modelo Synthos 3000) y el método de la Environmental Protection Agency (EPA 3052 MF 100-T16). Se pesaron 0.5 g de sedimento y material de referencia y se colocaron en tubos de teflón donde se adicionaron 9 ml de HNO₃ (J. T. Baker, A.C.S), 1 ml de HCl (J. T. Baker, A.C.S) y 3 ml de HF (Fermont, R.A.). Transcurrido el tiempo de digestión se dejan enfriar las muestras y se transfieren a matraces de 25.0ml, para su aforo. Se cuantificó la concentración de Ni, Pb, V por la técnica analítica de Absorción Atómica (AA) acoplado a horno de grafito (AA-HG), con un equipo PINACLE900. El caso de As se cuantificó con la técnica de AA acoplado a

generador de hidruros (AA-GH), y el Al y Sn se cuantificó con la técnica de AA acoplado a flama (AA-FLAMA) con un equipo Perkin Elmer AAnalyst 800.

8.6.8.5 Metales en componente biológico

Las muestras se congelaron, después se liofilizaron (Labconco, modelo Freezone 2.5) en un período de 48 horas para lograr la extracción del agua intersticial del componente orgánico. Posteriormente se maceraron con un mortero. La extracción de metales se realizó mediante digestión ácida utilizando un horno de microondas (Anton Paar, modelo Synthos 3000) y el método de la Environmental Protection Agency (EPA 3052 MF 100-T16). Se pesaron 0.5 g de componente biológico y material de referencia y se colocaron en tubos de teflón donde se adicionaron 10 ml de HNO₃ (J. T. Baker, A.C.S). Transcurrido el tiempo de digestión se dejan enfriar las muestras y se transfieren a matraces de 25.0ml, para su aforo. Se cuantificó la concentración de Ni, Pb, V por la técnica analítica de Absorción Atómica (AA) acoplado a horno de grafito (AA-HG), con un equipo PINACLE900. El caso de As se cuantificó con la técnica de AA acoplado a generador de hidruros (AA-GH), y el Al y Sn se cuantificó con la técnica de AA acoplado a flama (AA-FLAMA) con un equipo Perkin Elmer AAnalyst 800.

8.6.9 Radiación solar

La simulación del efecto de la sombra proyectada por el puente sobre la vegetación, se realizó mediante el programa Autodesk Infracad que genera modelos en 3D, una vez que el trazo del Proyecto fue referenciado.

Posterior al modelado se transfirió el modelo a Autodesk Revit para realizar la simulación con la herramienta de análisis solar el cual está basado en el modelo de radiación difusa Pérez.

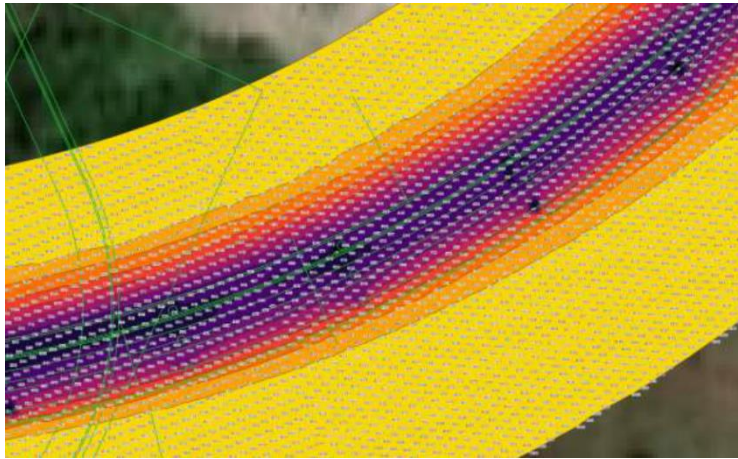
Una vez elaborada la simulación se trasladaron los datos de simulación al sistema de información geográfica QGIS, donde se trabajó el seccionamiento de las estaciones (espacios entre ejes) para su consulta. En el sistema de referencia de coordenadas se utilizó el código de referencia EPSG:4489.

Igualmente se elaboró la visualización del análisis en bandas para corroborar su incidencia gradual en la superficie con respecto a la trayectoria solar.

Se generó el análisis de la radiación anual y el análisis de radiación mensual a partir de los periodos que se mencionan a continuación, los cuales están relacionados con incremento de la radiación solar en el año, el periodo de mayor radiación y el de menor radiación anual:

- 2 de marzo al 1 de abril
- 6 de diciembre al 5 de enero
- 10 de septiembre al 10 de octubre
- 14 de mayo al 29 de julio

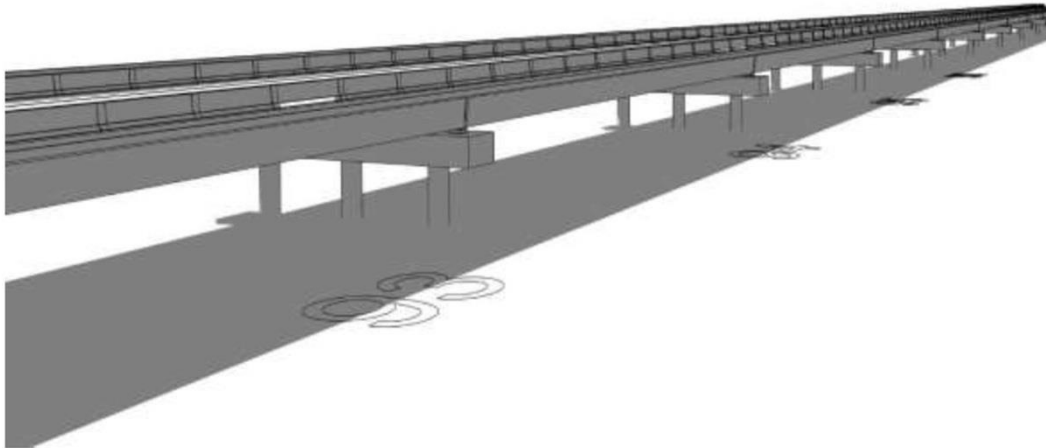
Figura 8.42. Representación de la radiación anual en un tramo del Proyecto.



Fuente: (Estudio de incidencia de radiación solar, 2021)

Adicional a la simulación de radiación se integró el análisis de sombras de acuerdo con vistas aéreas en determinados puntos para su mayor comprensión.

Figura 8.43. Vista aérea del Proyecto sobre el eje 93 durante el solsticio de verano 09:00 h.



Fuente: (Estudio de incidencia de radiación solar, 2021)

8.6.10 Caracterización de la Biota Acuática

El trabajo de campo para el presente estudio se llevó a cabo los días 22, 23, 29 y 31 de marzo; así como 01, 03, 30 de abril y el 10 de mayo del año 2021.

La información de campo se registró con 2 propósitos:

- Prospección, que abarcara de manera exhaustiva toda el área de la Cuenca Norte del SLN con el propósito de identificar los tipos de fondo y comunidad bentónica dominante para elaborar el mapa de ambientes del área
- Muestreo intensivo, en sitios representativos o de relevancia dentro del SLN para caracterizar la comunidad vegetal presente (pastos y macroalgas), así como fauna del bentos y del necton.

8.6.10.1 Sitios de muestreo

En una primera etapa se realizó el levantamiento de datos mediante el muestreo de 173 sitios a lo largo de toda el área de estudio para identificar las características generales como tipo de fondo y comunidad bentónica dominante, los cuales sirvieron de base para elaborar el mapa de ambientes.

El registro de información que se llevó a cabo durante el muestreo para la etapa de prospección consistió en el levantamiento de la siguiente información, en cada uno de los sitios de muestreo (**Tabla 8.23**):

Tabla 8.23. Registro de información para la etapa de prospección en cada sitio de muestreo.

Parámetro	Descripción
Referencia geográfica	Coordenadas UTM (X,Y)
Profundidad del sitio	Profundidad máxima (m)
Tipo de fondo	Descripción del tipo de sedimento: Arena fina, arena media, fango, limo.
Comunidad bentónica dominante	Biota evidente y más abundante: Pastos marinos, macroalgas, sin biota.
Especies de pastos marinos presentes	<i>Thalassia testudinum</i> , <i>Halodule wrightii</i>
% de cobertura de pastos marinos	Categorías: <5%, 5-25%, 25-50%, 50-100%
Tipo de hábitat	Pradera de pasto marino, parches de pastos marinos, Sedimento de Fango, Arenal
Hábitat denso	Si/No, en función de la abundancia del elemento biótico dominante en el punto de muestreo
Hábitat homogéneo	Si/No, en función de que tanto varía la composición de los elementos bióticos en el punto de muestreo.
Hábitat extenso	Si/No, en función del área que abarca el mismo tipo de hábitat en el punto de muestreo.
Observaciones generales	Características sobresalientes del sitio de muestreo

Fuente: (Caracterización de la biota en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021)

Posterior a la etapa de prospección, y con la información sobre los tipos de ambientes presentes en el área de estudio, se diseñó un plan de muestreo intensivo que incluye 38 sitios representativos de los diferentes ambientes en el área de estudio, y/o de relevancia para el proyecto, a partir de los cuales se obtuvo la caracterización de la biota acuática lagunar para el presente proyecto

En cada sitio de muestreo intensivo se tendió un transecto de 50 metros de longitud, de acuerdo con el programa de monitoreo sinóptico del SAM (Almada-Villela, 2003) y el protocolo AGRRA (Lang, et al., 2013), que sirvió de referencia para el registro de la información a 1 metro de distancia sobre el transecto, con lo que se obtiene una muestra de 50m² por sitio de muestreo.

El transecto sirvió como referencia para llevar a cabo el registro de datos para caracterizar la biota lagunar en el área de estudio, considerando como elementos bióticos relevantes los descritos en la **Tabla 8.24**.

Tabla 8.24. Descripción de los elementos bióticos que contempla el muestreo del presente estudio.

Elemento biótico	Descripción	Componente biótico	Tipo
Necton	Ictiofauna	Peces	Fauna
Bentos	Fauna bentónica	Moluscos, crustáceos, esponjas	
	Comunidad vegetal	Pastos marinos	Flora
		Macroalgas	

Fuente: (Caracterización de la biota en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021)

Para evaluar la fauna acuática se consideraron como elementos bióticos relevantes el necton y la fauna bentónica, siendo estos últimos los animales de poca movilidad que se encuentran asociados al sustrato como moluscos, crustáceos y esponjas. Los métodos que se utilizaron para el registro de datos de estos elementos bióticos se describen en la **Tabla 8.25**.

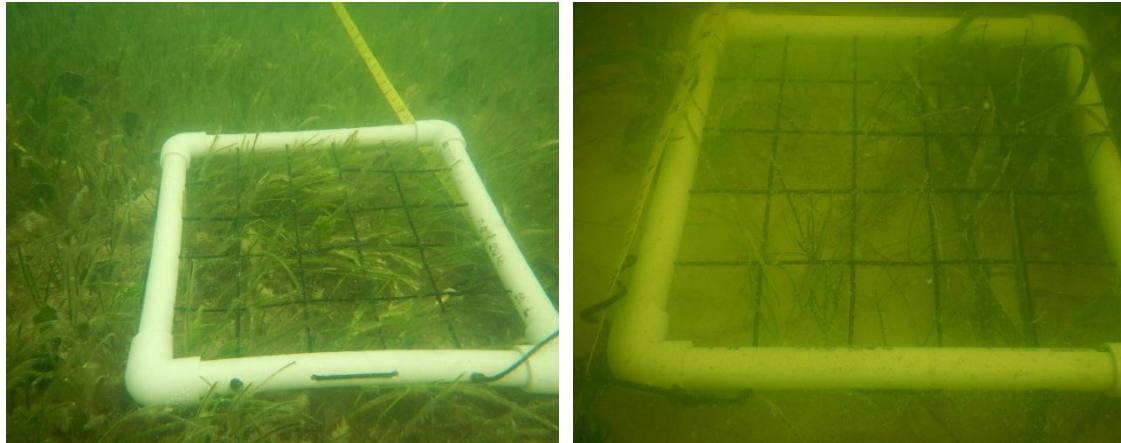
Tabla 8.25 Técnicas de muestreo utilizadas para el necton y bentos de la biota lagunar del área de estudio.

Elemento biótico	Descripción	Técnica de muestreo para el registro de datos
Necton	Ictiofauna: comunidad de peces	Se registró el número de individuos por especie observados a 1 m de distancia sobre el transecto, registrando también la talla de cada individuo.
Bentos	Fauna béntica: Moluscos, crustáceos, esponjas	Se registró el número de individuos por grupo taxonómico y por especie observados a 1 m de distancia sobre el transecto.

Fuente: (Caracterización de la biota en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021)

Adicionalmente, se realizó un muestreo para evaluar la comunidad vegetal en el área de estudio, como parte de la comunidad del bentos, para lo cual el transecto de 50 m de longitud sirvió como referencia para colocar a cada 10 metros un cuadrante de 25 cm² dividido en unidades de 5 x 5 cm, lo que resulta en un área de muestreo real de 3,750 cm² (0.375 m²) por transecto (**Figura 8.44**).

Figura 8.44. Uso del cuadrante para el muestreo de la comunidad vegetal.



Fuente: (Caracterización de la biota en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021)

A partir de estos cuadrantes y transectos se registraron los datos para evaluar las características más relevantes de la comunidad vegetal, con énfasis en las praderas de pastos marinos, a partir de una adaptación del método para el estimar la composición comunitaria de lechos de pastos marinos descrita en el manual del programa de monitoreo sinóptico del SAM (Almada-Villela *et al.*, 2003), de acuerdo con los componentes descritos en la **Tabla 8.26**.

Tabla 8.26 Clasificación de componentes para evaluar la cobertura vegetal por tipo de ambiente y método de muestreo.

Componente biótico	Parámetro	Descripción	Método de muestreo
Pastos marinos	Altura del dosel	Promedio de la altura máxima de la comunidad de pastos marinos	Medición de la altura máxima (cm) en cada uno de los cuadrantes de muestreo
	Densidad de haces de <i>T. testudinum</i>	Número de haces del pasto <i>Thalassia testudinum</i> por metro cuadrado	Conteo de haces de <i>T. testudinum</i> por cuadrante de muestreo
	Cobertura de <i>T. Testudinum</i>	Porcentaje de cobertura del pasto marino de la especie <i>Thalassia testudinum</i>	Conteo de número de cuadros de 5x5 ocupado por esta especie por cuadrante
	Cobertura de <i>H. wrightii</i>	Porcentaje de cobertura del pasto marino de la especie <i>Halodule wrightii</i>	Conteo de número de cuadros de 5x5 ocupado por esta especie por cuadrante
Macroalgas	Cobertura de macroalgas	Porcentaje de cobertura de macroalgas	Conteo de número de cuadros de 5x5 ocupado por este grupo de especies por cuadrante
Otros elementos del sustrato marino	Cobertura de sedimento	Porcentaje de cobertura de sedimento sin cobertura vegetal	Conteo de número de cuadros de 5x5 ocupado por sedimento por cuadrante
	Cobertura de otros organismos	Porcentaje de cobertura de otros organismos bentónicos como esponjas.	Conteo de número de cuadros de 5x5 ocupado por otros organismos por cuadrante

Fuente: (Caracterización hidrogeológica, 2021)

Los organismos registrados durante el muestreo fueron identificados “*in situ*” tomando como referencia los listados de especies y las claves de identificación específicas para

cada grupo taxonómico: Macroalgas (Littler *et al.*, 1989), peces (Humman y DeLoach 2011,), moluscos y esponjas (Cruz-Abrego *et al.*, 1994; Cruz-Abrego y Flores-Andolais, 1994; Humman y DeLoach, 2013, Jordán *et al.*, 1978, Sprung, 2001, Zea *et al.*, 2014).

8.6.10.2 Indicadores y análisis de resultados

El presente estudio consideró una serie de índices e indicadores para realizar la caracterización de la biota lagunar asociada al área de estudio y con base en ellos emitir un diagnóstico de la condición ambiental que actualmente presenta este ecosistema. Los indicadores, así como su definición, la manera de estimarlos y el objetivo para el cual se estima cada uno para llevar a cabo el análisis de resultados se presenta en la **Tabla 8.27**.

Tabla 8.27 Indicadores ecológicos considerados para la caracterización de la biota lagunar en el área de estudio.

Indicador	Grupo taxonómico	Estimación	Objetivo
Composición específica, distribución y abundancia	Pastos marinos, Macroalgas, Peces, Moluscos y Esponjas	Número de especies por grupo taxonómico y por tipo de ambiente.	Determinar la composición de especies que forman una comunidad en un tipo de ambiente determinado a partir de un listado de especies con referencia de su abundancia relativa, y poder comparar entre sí.
		a) Ensamble de especies que componen la comunidad	
		b) Asociación de especies por tipo de ambiente	
		c) Proporción de los individuos de una especie particular	
Diversidad y equitabilidad	Pastos marinos, Macroalgas, Peces, Moluscos y Esponjas	Estimación del índice de diversidad de Shannon-Weaver a través de la fórmula $H' = -\sum pi \log^2 pi$	Estimar la variedad de especies en un determinado tipo de ambiente, a partir del índice de diversidad (H') y hacer comparaciones entre ellos.
Estructura de tallas	Peces	Proporción de organismos por categoría de tamaños	Estimar la composición de edades de peces y sus patrones de crecimiento a partir de las frecuencias de tallas
Grupos funcionales	Macroalgas	Proporción de organismos por categoría morfofuncional	Estimar la abundancia relativa de especies por grupo morfofuncional
Condición de la pradera de pastos marinos	Pastos marinos	Altura del dosel y densidad de haces de pasto marino de la especie <i>Thalassia testudinum</i>	Evaluar la condición de la pradera de pastos marinos en términos de su función como hábitat de refugio y crianza para otras especies acuáticas
Indicadores biológicos	Pastos marinos, Macroalgas, Peces, Moluscos y Esponjas	Especies o grupos de especies que reflejan el estado de integridad o funcionalidad ecológica del ecosistema.	Conocer la condición ambiental del área de estudio e identificar posibles factores adversos

Indicador	Grupo taxonómico	Estimación	Objetivo
Especies de particular interés	Pastos, moluscos y peces	Especies con importancia, ya sea por su estatus de conservación, o por su uso como recurso, o por su carisma.	Aportar información de utilidad para los planes de conservación de dichas especies.

Fuente: (Caracterización de la biota en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021)

8.6.10.3 Evaluación de impactos ambientales

Se aplicaron técnicas probadas y comunes para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que podrá ocasionar el Proyecto en su zona de influencia. Estas técnicas son: i) análisis por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ii) listas de chequeo, iii) matrices de interacción y iv) juicio de expertos (**Tabla 8.28**).

El uso combinado de técnicas hace posible un análisis equilibrado entre la percepción subjetiva y el análisis cuantitativo de la evaluación. Asimismo, permite profundizar en el conocimiento del sitio donde se realizará el proyecto e identificar las áreas de influencia directa e indirecta del mismo, necesarias para el análisis de los impactos ambientales.

Por medio del análisis de los SIG fue posible evaluar de forma cuantitativa los impactos ambientales y generar información suficiente para la identificación de los impactos de mayor extensión que pudieran representar riesgos importantes; mientras que a través de las listas de chequeo y las matrices de interacción se identificaron los impactos más significativos, así como sus fuentes generadoras. El juicio de expertos permitió dimensionar los impactos identificados por las otras metodologías para evitar la subestimación o sobrestimación de los mismos.

Tabla 8.28. Técnicas utilizadas para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente serán generados por el Proyecto.

Técnica	Alcances
Análisis de cartografía temática y uso de sistema de información geográfica.	La cartografía, las fotografías aéreas y las imágenes de satélite son herramientas metodológicas muy útiles para la evaluación de impactos ambientales (EIA), permiten analizar diferentes parámetros o atributos ambientales (geología, hidrología, tipos de vegetación, asentamientos humanos y actividades económicas, entre otros) de áreas geográficas a diferentes niveles o escalas de información (Zárate et al., 1996). La sobreposición de esta información, más la correspondiente al proyecto propuesto, produce una caracterización compuesta de un ambiente en el que se pueden evaluar cuantitativa y espacialmente impactos directos, así como la simulación de escenarios y riesgos ambientales (Zárate et al, 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).

Técnica	Alcances
Listas de chequeo	<p>Estas técnicas se basan en la elaboración de un listado específico de componentes ambientales, agentes de impacto o etapas del proyecto (Canter, 1977; MOPU, 1982; Westman, 1985; Jain et al., 1993; Smith, 1993).</p> <p>Son métodos que se emplean para la identificación de impactos y preliminarmente para la evaluación de los mismos, bajo la consideración de ciertos criterios o escalas (p. ej. de magnitud e importancia). La principal desventaja de estas técnicas es que no permiten definir o establecer las relaciones causa-efecto entre el proyecto y el medio ambiente, tampoco la identificación y evaluación de efectos sinérgicos (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).</p>
Matrices de interacción	<p>Las matrices son métodos cualitativos que permiten evaluar las relaciones directas causa-efecto y el grado de interacción que puede existir entre las acciones de un proyecto y los componentes ambientales involucrados en el mismo. Las matrices de interacción son herramientas valiosas para la EIA, ya que permiten no sólo identificar y evaluar los impactos producidos por un proyecto, sino valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto y determinar las necesidades de la información para la evaluación y la organización de la misma. Sin embargo, el uso de estas técnicas presenta algunas desventajas que es importante considerar: a) las matrices con muchas interacciones son difíciles de manejar, b) no consideran impactos secundarios o de orden mayor e impactos sinérgicos y acumulativos, c) para la valoración de cada impacto identificado es asignado un mismo peso en términos de los atributos ambientales definidos (p. ej. magnitud e importancia) y d) los valores asignados a los atributos ambientales generalmente son definidos en escalas o valores relativos, por lo que es recomendable sustentarlos con el uso de índices o indicadores ecológicos, económicos, o normas técnicas (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).</p>
Juicio de expertos	<p>Identificación y dimensionamiento de impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos con base en la experiencia y juicio de especialistas y evaluadores.</p>

8.6.11 Caracterización de Pastos Marinos

8.6.11.1 Procesamiento de imágenes y selección de las unidades de muestreo para el análisis de pradera de pastos marinos

Se utilizó una imagen Sentinel 2-A del año 2021 obtenida en línea del servidor gratuito “Servicio Geológico de los Estados Unidos” (USGS). Se enmascaró la porción terrestre para resaltar únicamente los valores espectrales del SLNB. Sobre esta imagen enmascarada se realizaron correcciones radiométricas y atmosféricas completas. El efecto de la columna de agua sobre la información del fondo lagunar en cada píxel de la imagen fue corregido a partir del índice invariante de la profundidad (Stumpf et al., 2003) y valores de profundidad obtenidos “in situ”.

Sobre la imagen corregida se agruparon los tipos de fondo del SLNB a partir de la información espectral y un algoritmo no supervisado (Isodata). A partir de esta estratificación y la extensión de cada clase, se definieron 100 estaciones que sirvieron como punto de partida para la reinterpretación de los fondos mediante métodos

supervisados y la definición de los límites del ecosistema de pastos marinos en tres coberturas. El análisis de la condición de pastos marinos fue obtenido a partir de 70 estaciones con información biológica repartidas de forma balanceada entre las clases de cobertura de cada una de las 6 zonas del área de estudio.

Tanto las características del fondo que recogen las clases espectrales como la información puntual de campo sirvieron de insumos para la generación de mapas de distribución y condición de pastos marinos.

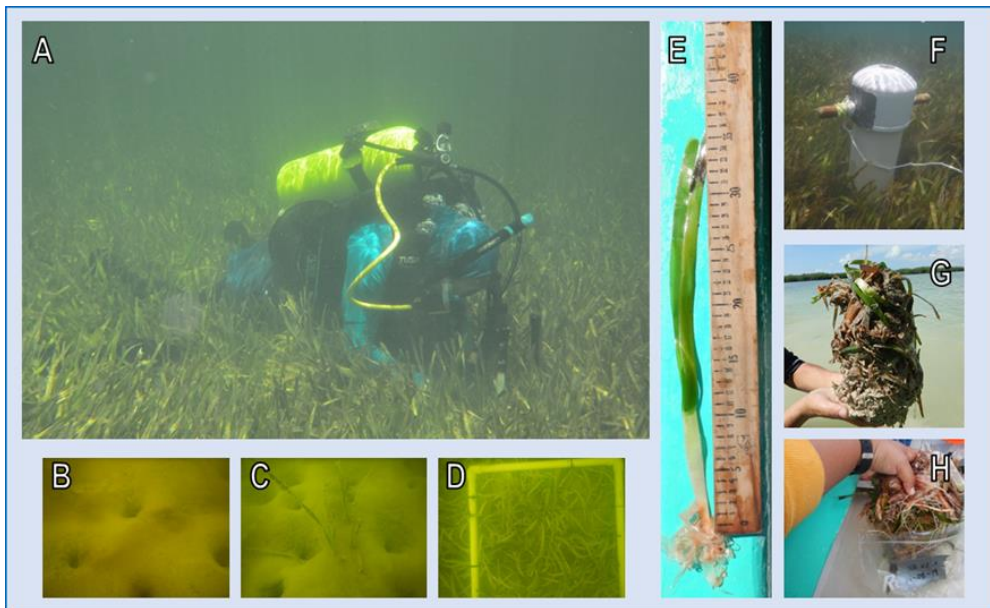
La caracterización de los fondos dominados por pastos marinos se realizó a partir de 100 sitios de verificación mediante la toma por triplicado de fotografías de la cobertura en cuadrantes de 0.25 m² por buceo libre o de tipo SCUBA, utilizando el método modificado de Braun-Blanquet (Fourqurean et al., 2001) (**Figura 8.45**). Con los datos colectados en campo se obtuvo la presencia/ausencia de zonas con pasto marino y la dominancia de especies en términos del porcentaje cubierto por la vegetación submarina sobre el área conocida del cuadrante.

Los tipos del fondo marino del SLNB se determinaron tomando como referencia un esquema de clasificación de cuatro tipos de hábitat bentónicos (fondo desnudo, pasto marino, zonas turbias, macroalgas) que consideran la tipología característica para el SLNB. Este método incorpora los elementos que conforman el fondo bentónico a una escala de paisaje. Con este esquema el paisaje lagunar se construyó a partir de un análisis binario (zonas de pasto y sin pastos marinos) reinterpretando las clases no supervisadas.

Con la información recabada en campo y utilizando métodos de ordenación y clasificación la presencia de pastos marinos se clasificó en tres tipos diferentes de cobertura bentónica de acuerdo con la escala de Hill y Wikinson (2004); cobertura baja < 30%; media 30 - 75% y alta > 75% (Clarke y Warwick, 2001) (**Figura 8.46**). Esta metodología permite determinar sitios con características similares de acuerdo con el esquema de clasificación del fondo bentónico propuesto. Cada estación con sus datos de campo fue utilizada para construir polígonos de entrenamiento o semillas dentro de un algoritmo de clasificación supervisado de máxima probabilidad. Para este trabajo, no se definió un umbral estadístico para la asignación de clases con la finalidad de evitar sesgo en los cálculos al definir una probabilidad esperada (Zar, 1999). Todos los análisis se realizaron en el software ArcGis 10.5, Envi 5.3 y Qgis-3.03 Girona.

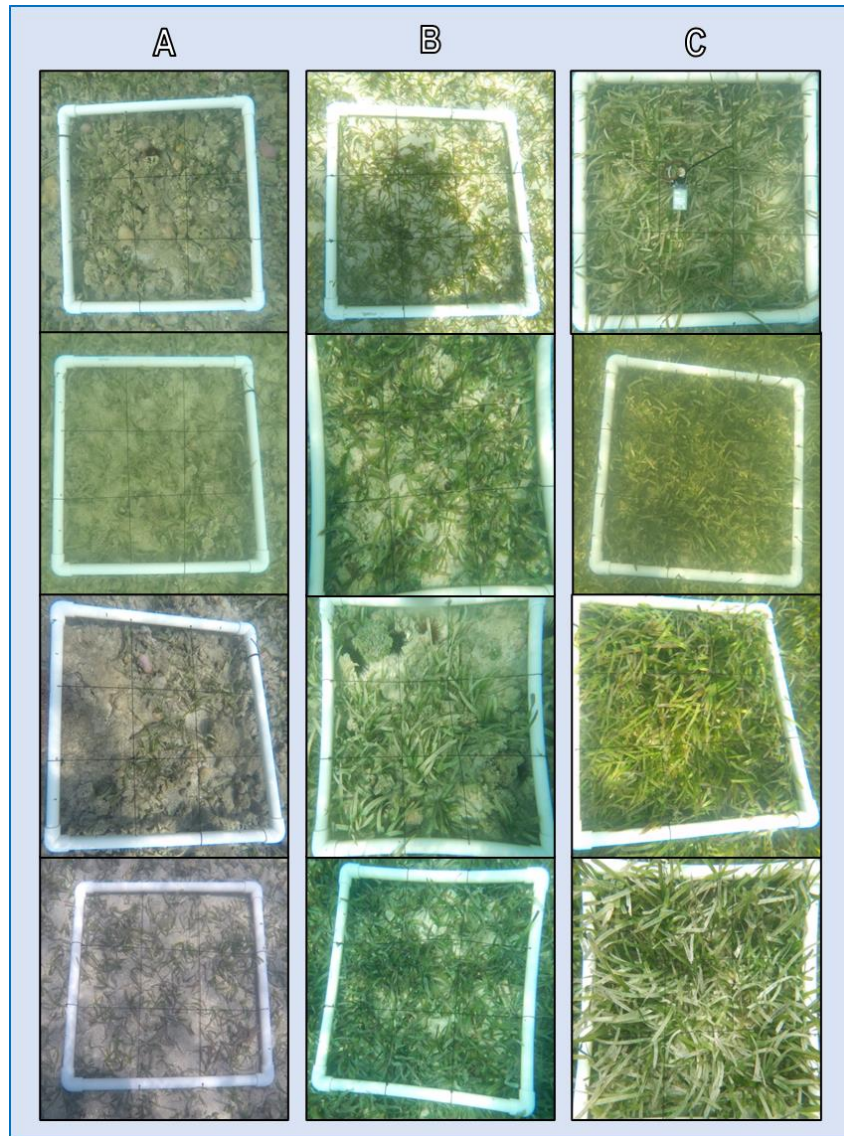
Figura 8.45. Caracterización del fondo marino mediante equipo de buceo SCUBA y toma de muestra de biomasa. A) Observación de haces, dosel de pastos marinos. Toma por triplicado de la fotografía del fondo; B) Fondo sin vegetación. C) Fondo con haces aislados de *Thalassia testudinum* en coberturas <1%. D) Fondo dominado por *Thalassia testudinum* en coberturas del

80%. E) Medición de la altura de los haces. F, G y H) Toma de la muestra de biomasa con nucleador tipo Curer y preservación del material vegetal.



Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021).

Figura 8.46. Ejemplos gráficos de los tipos de cobertura utilizados para clasificar la dominancia de pastos marinos del SLNB. A) Cobertura Baja (< 30%). B) Cobertura Media (30 - 70%). C) Cobertura Alta (> 70%). Las fotos corresponden a sitios del SLNB.



Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021)

8.6.11.2 Métodos de campo para la toma de muestras de pastos marinos

En cada estación de muestreo mediante buceo libre o con equipo autónomo (SCUBA) se tomaron dos muestras de biomasa viva sobre la vegetación de pastos marinos (aérea y subterránea) utilizando el método de cosecha en pie (“standing crop”) propuesto por Milner y Hughes (1968) con ayuda de un dispositivo de PVC tipo Curer (CARICOMP, 2001) de 15 cm de diámetro. Las muestras fueron tamizadas en el sitio hasta eliminar la mayor cantidad

de sedimentos y colocadas en bolsas de plástico, selladas, etiquetadas y preservadas en refrigeración hasta su procesamiento en laboratorio (Figura 8.45 f, g, h).

8.6.11.3 Métodos de laboratorio para la caracterización morfométrica de pastos marinos

El procesamiento de las muestras fue realizado en el laboratorio, donde las muestras de pastos marinos fueron descongeladas a temperatura ambiente y lavadas con agua corriente, separadas por especie y tipo de material vivo o muerto. El material vivo se dividió en dos componentes, la porción aérea (hojas, flores y frutos) y la subterránea (raíces, rizomas y haces). Se retiraron los organismos epifitos de cada hoja (algas, diatomeas y organismos incrustados) mediante el raspado con una navaja. Cada uno de los componentes aéreo y subterráneo fue medido con una regla o vernier y pesado en una balanza digital (modelo H-7991) o una balanza analítica (modelo H-5276) según fuese el caso. Para conocer la biomasa final se obtuvo el peso seco de cada componente después de ser secado durante 72 horas a 60 °C en un horno de laboratorio (Figura 8.47).

Figura 8.47. Métodos de laboratorio para la evaluación de la condición de pastos marinos mediante la medición de variables de morfometría a nivel de planta. A), B) y C) Pesado de muestras secas con la biomasa aérea (hojas, flores y frutos) y subterránea (raíces, rizomas y haces). D) Toma de medidas morfométricas de las hojas (largo y ancho). E) Muestras separadas para análisis de sus componentes.



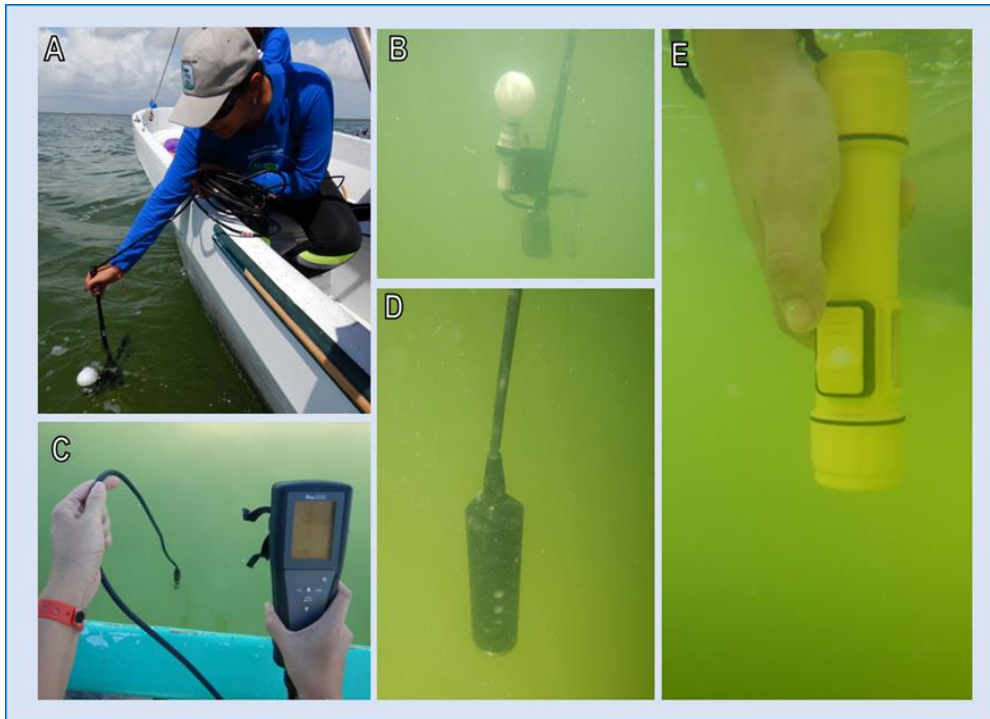
Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021).

Posteriormente sobre la muestra separada, se determinaron 6 variables que describen la morfometría y estructura de las praderas de pastos marinos. La densidad de haces fue medida a partir del número de haces de cada especie de pastos marinos encontrada. En el caso de muestras abundantes (mayores a 20 haces) se analizó una submuestra de al menos el 20%. Para el caso de *T. testudinum* además del número de haces, se registró el número de hojas de cada haz, así como las métricas del largo y ancho de las hojas de cada haz (**Figura 8.47**) para el cálculo del índice de área foliar (IAF) de acuerdo con Bulthuis (1995) y estandarizada a 1 m². La estructura de pastos marinos se estimó a partir de la biomasa aérea y subterránea dada por los pesos secos de cada muestra extrapolada a 1 m².

8.6.11.3.1 Método de variables ambientales y fisicoquímicas

Se midió en 100 estaciones la profundidad del fondo con un profundímetro (HONDEX PS-7), **Figura 8.48 E**. El porcentaje de luz incidente (400 - 700 nm) sobre los pastos marinos se obtuvo midiendo la radiación fotosintéticamente activa (PAR) con una consola Li-COR (LI-250-A) y un sensor submarino cuántico esférico (LI-193) **Figura 8.48A y B**. Los datos sirvieron para que con la fórmula propuesta por Kirk (1983) estimar los coeficientes de extinción de luz (K_d). La salinidad y temperatura se midieron con una sonda multiparamétrica YSI Professional Plus (**Figura 8.48C y D**). Estas características son indicadoras de las condiciones de la columna de agua y la presencia de pastos marinos.

Figura 8.48. A) y B) Medición de la disponibilidad de luz en la columna de agua. C) y D) Medición de variables fisicoquímicas en la columna de agua. E) Medición de la profundidad de la columna de agua.



Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021).

8.6.11.3.2 Análisis de la información

Evaluación de las características morfométricas en pastos marinos

Las características morfométricas de pastos marinos (densidad, largo de la hoja, ancho de la hoja, IAF, biomasa aérea, subterránea y total) fueron analizados en función de las variaciones espaciales asociadas a su ubicación geográfica (zonas) y por tipo del paisaje en praderas de pastos marinos del área de estudio (coberturas). Con estos factores se realizaron análisis de varianza no paramétrica (Kruskal-Wallis) para identificar si se presentaban o no diferencias estadísticas significativas en los valores medianos de la morfometría de pastos marinos de acuerdo con las zonas del SLN y las coberturas identificadas. Adicionalmente, los datos referentes a las características de la columna de agua se analizaron de acuerdo con las variaciones observadas dentro de cada zona para describir la condición de la columna de agua en la que se desarrollan las praderas de pastos marinos en el SLN.

Evaluación de la incertidumbre en los mapas de pastos marinos

La evaluación de la incertidumbre del mapa de distribución espacial de pastos marinos se realizó a partir de la selección aleatoria del 40% de las estaciones tomadas en campo. Esta información fue evaluada por un experto ajeno a la clasificación a partir de un análisis de confusión. La incertidumbre total de la clasificación fue evaluada mediante el índice de Kappa (Ecuación 1). Este índice compensa los errores originados por el azar sobre la concordancia del clasificador (Lillesand et al., 2015).

$$\hat{K} = \frac{\sum_{i=1}^i a_{ii} - \sum_{i=1}^i (a_i a_{.i})}{n^2 - \sum_{i=1}^i (a_i a_{.i})} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

i = dimensión de la matriz (número de clases)

a_{ii} = Número de observaciones en la línea i , columna i ;

a_i y $a_{.i}$ = total marginal de línea i y de columna i ;

n = número total de observaciones.

Evaluación de la condición de pastos marinos

La condición ecológica deseable de un sistema natural puede definirse como aquellas características que permiten al sistema mantener y adaptar los componentes y procesos ecológicos que lo conforman, de forma equiparable al estado prístino o de referencia (Campbell, 2000; Parrish et al., 2003). La condición del componente biológico fue evaluada a partir del enfoque propuesto por Herrera-Silveira y Morales-Ojeda (2009) con la incorporación de 4 indicadores que reflejan aspectos como la salud, integridad de las praderas de pastos marinos a escala poblacional, estructural, funcional y del paisaje (**Tabla 8.29**) resumidas en 7 variables. Características poblacionales de las praderas que conforman el paisaje de pastos marinos en SLN se evaluó a partir de la densidad de haces de *T. testudinum*. La estructura de la planta fue evaluada a partir de la cobertura y biomasa total de pastos marinos. Por otra parte, se utilizó la proporción del tejido epigeo/hipogeo y el IAF como reflejo de la respuesta de la planta a las condiciones del medio y como reflejo de la condición del paisaje se utilizó el número y extensión de parches de pastos marinos de acuerdo con el mapa de la distribución de pastos marinos.

Los valores de referencia utilizados para evaluar la condición de las praderas de pastos marinos en el SLNB se establecieron a partir del primer cuartil (1Q) y el tercer cuartil (3Q) de 286 datos morfométricos obtenido en el periodo 2004 al 2021 (com. per. Laboratorio Producción Primaria). Estos intervalos fueron utilizados para establecer los límites para una condición mala, regular y buena para cada indicador. Finalmente, la condición global de pastos marinos en SLN fue representada como la contribución acumulada (100%) de cada indicador, pudiendo de esta manera, identificar las variables que más influyen en la condición global e inferir en las consecuencias de ese deterioro. Adicionalmente, los valores promedio en cada estación de muestreo fueron utilizados para mapear la condición puntual en cada estación de muestreo. Esta semaforización ayuda a distinguir de manera rápida y fácil, las condiciones dominantes en cada punto de muestreo del área de estudio.

Tabla 8.29. Indicadores utilizados para la evaluación de la condición de los pastos marinos del SLN.

Indicadores	Variables	Malo	Regular	Bueno	Contribución Global
Poblacional	Densidad de haces (shoots m ²)	<254	255 - 920	>921	25%
Estructural	Cobertura (%)	<25	26-59	>60	25%
	Biomasa aérea (g m ²)	<31	32 - 125	>126	
	Biomasa subterránea (g m ²)	<12	13 - 226	>227	
Funcional	Relación Ba/Bs (g m ²)	>4	0.26 – 3.9	<0.25	25%
	Índice de Área Foliar (m ² m ²)	<0.77	0.78 – 4.0	>4.1	
Paisajístico	Extensión del parche según tipo de fondo (ha)				
	Cobertura muy baja (<5%)	<1	2 – 7.9	>8	25%
	Cobertura baja (5-25%)	<1.5	1.51 – 10	>10	
	Cobertura media (25-75%)	<2	2.1 - 4	>4.1	
	Cobertura alta (>75%)	<0.05	0.6 - 4	>4.1	

Fuente: (Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos, 2021), tomada de Mendoza, 2021.

8.6.12 Caracterización del Manglar

8.6.12.1 Determinación de zonas dominadas por manglar

8.6.12.1.1 Selección y pre-procesamiento de la información satelital

Para la determinación de las zonas dominadas por manglar se utilizó una imagen Sentinel 2 (Tabla 8.30) obtenida en línea del servidor gratuito “Servicio Geológico de los Estados Unidos” (USGS). Estas imágenes fueron generadas a través del sistema LPGS (Level-1 Product Generation System) con calidad “1-C” lo que indica que posee una corrección geométrica sistemática a través de la incorporación de puntos de control en tierra y un modelo digital de elevación (DEM) de 90 m.

Tabla 8.30. Selección de imágenes de satélite y bandas utilizadas.

Sensor	Fecha	Bandas	Resolución espacial
SENTINEL	2018	Blue (0.44 – 0.51)	10 m
		Green (0.51 – 0.60)	10 m
		Red (0.63 – 0.69)	10 m
		NIR (0.77 – 0.89)	10 m

Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021)

Se realizaron correcciones radiométricas y atmosféricas completas. El proceso consistió en disminuir el ruido generado por la atmósfera sobre los valores reales de radiancia del satélite. Para esto se corrigen las Ganancias y Sesgos (Gain-Bais) utilizando la metada de cada imagen, posteriormente se convirtieron dichos valores a reflectancia aparente para después corregir atmosféricamente cada pixel de la imagen mediante el método propuesto por Chaves (1988).

Una vez corregida la imagen, se realizó un recorte del histograma de cada imagen para reducir la variabilidad en las respuestas espectrales de pixeles representativos de cuerpos de agua, nubes y sombras de nubes. Esto se realizó utilizando la información del espectro infrarrojo cercano proporcionado por la banda 4 y 5. Todos los análisis se realizaron en los softwares Arcgis 10.5, Envi 5.3 y Qgis-3.03 Girona.

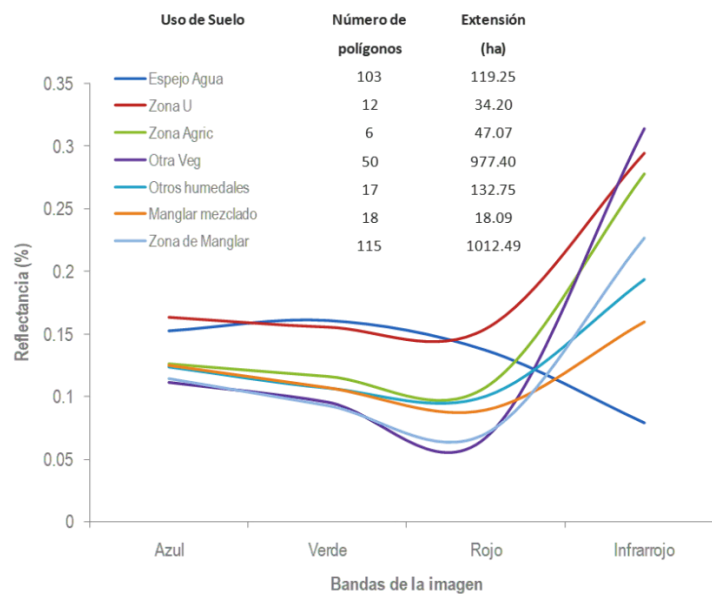
8.6.12.1.2 Obtención de las semillas de verificación en campo, clases del mapa y zonas de entrenamiento

A partir de puntos de muestreo tomados en los años 2018 y 2020; se verificó la condición de la vegetación dominante en campo considerando tres tipos de condición (conservado, degradado y muerto). Adicionalmente, se realizaron salidas de campo en el año 2021 para

robustecer la base de datos utilizada para la determinación de la distribución del manglar y su condición. Adicionalmente se registraron sobre 60 puntos las características de la estructura arbórea sobre zonas dominadas por manglar, como la altura de árboles y cobertura del dosel.

A partir de la información recabada en campo e información espacial publicada por la CONABIO para los años 2015 y 2020 de los diferentes usos de suelo sobre APFFYB, se seleccionaron 7 tipos de uso de suelos a partir de los cuales se determinó la cobertura de manglares en ambos tiempos mediante la digitalización de 321 polígonos de entrenamiento (**Figura 8.49**). La confiabilidad de las clases escogidas fue evaluada mediante el cálculo de la distancia Jeffries-Matusita y el índice de la divergencia transformada, los cuales cuantifican la variabilidad espectral en cada una de las clases escogidas y determina que tan distintas son entre sí. Los umbrales de ambos índices se establecieron mayores a 1.5, lo que asegura un nivel de significancia de <0.01 (Richards y Jia, 2006).

Figura 8.49. Semillas de entrenamiento utilizadas para la clasificación de imágenes en ambos tiempos y firmas espectrales en cada uno de los canales utilizados en la clasificación.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021)

8.6.12.1.3 Procesamiento de imágenes satelitales y algoritmo de agrupación

Posteriormente, sobre la imagen corregida se realizó una clasificación supervisada utilizando como método de agrupación de máxima probabilidad. Este método determina las clases centrales y la variabilidad de cada banda analizada para cada clase, permitiendo

determinar la probabilidad de que un pixel dado pertenezca a una clase en particular produciendo una asignación de clases más precisa que otros métodos de clasificación supervisada (Green *et al.*, 2000). Para este trabajo, no se definió un umbral estadístico para la asignación de clases con la finalidad de evitar sesgo en los cálculos al definir una probabilidad esperada (Zar, 1999)

Evaluación de la exactitud del mapa

La evaluación de la exactitud de los mapas temáticos mediante información recabada en campo es un componente crucial para una mejor interpretación del paisaje. Por lo tanto, para el cálculo de la incertidumbre del mapa, se eligieron de manera aleatoria al menos el 35% de las estaciones tomadas en campo como semillas de validación independientes. Esta información fue evaluada por un experto ajeno a la clasificación a partir de un análisis de confusión. La incertidumbre total de la clasificación fue evaluada mediante el índice de Kappa (Ecuación 1). Este índice compensa los errores originados por el azar sobre la concordancia del clasificador (Lillesand *et al.*, 2015).

Ecuación 1:

$$\hat{K} = \frac{\sum_{i=1}^i a_{ii} - \sum_{i=1}^i ((a_i a_{.i}))}{n^2 - \sum_{i=1}^i (a_i a_{.i})}$$

Donde:

i = dimensión de la matriz (número de clases)

a_{ii} = Número de observaciones en la línea i , columna i ;

a_i y $a_{.i}$ = total marginal de línea i y de columna i ;

n = número total de observaciones.

8.6.12.2 Determinación de zonas dominadas por manglar y su condición

Existen diversas metodologías para estudiar mediante imágenes satelitales los cambios estacionales que ocurren en la vegetación; uno de ellos es mediante la aplicación de índices vegetativos relacionados con el verdor o vigorosidad de la vegetación viva (Chuvieco, 1998). Estos índices son un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, los cuales son particularmente sensibles a la cubierta vegetal (Gilabert *et al.*, 1997).

Dada la alta variabilidad en la estructura arbórea de manglares presentes en cada zona y tipos ecológicos en el área de estudio (manglares tipo chaparro, cuenca y franja) y para compensar la influencia que pueda tener la reflectividad del suelo en zonas con poca densidad arbórea, la condición de las zonas de manglar se estimó a partir del cálculo del Índice Transformado de la Vegetación ajustado al Suelo TSAVI (Ecuación 2). Este índice nació como una necesidad de disminuir las alteraciones del valor del NDVI en zonas áridas, ya que el mismo valor de NDVI puede corresponder a cubiertas vigorosas, pero poco densas, o a cubiertas densas, pero con poca vitalidad (INIA, 2010). Para el cálculo del SAVI se utilizó la pendiente obtenida a partir de la estimación de la línea del suelo como se muestra en la **Figura 8.50**.

Ecuación 2:

$$TSAVI = (1 + L) \frac{IRC - R}{IRC + R + L}$$

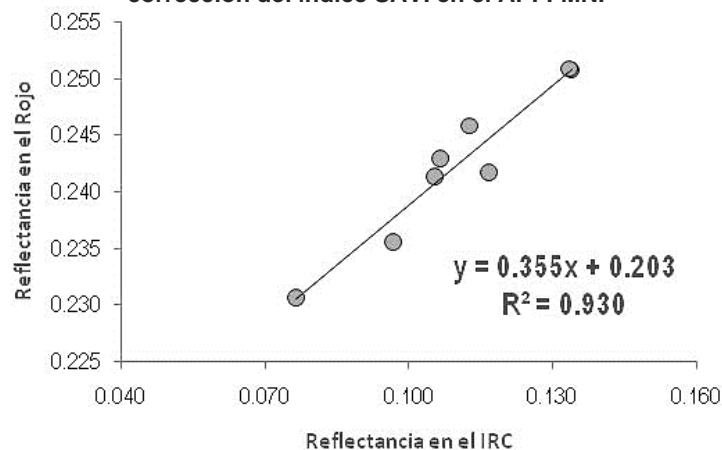
Donde:

L = Factor de corrección obtenido de la línea del suelo

IRC = Valor de reflectancia en la banda del Infrarrojo cercano

Rojo = Valor de reflectancia en la banda del rojo cercano

Figura 8.50. Cálculo de la línea del suelo para la estimación del parámetro L utilizado para la corrección del índice SAVI en el APFFMN.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021), Modificado de (Sánchez et al., 2021).

La definición de clases de manglar fue hecha con base a los tipos de manglar presentes en Península de Yucatán, estos fueron manglar de franja, cuenca, chaparro y petén (Lugo y Snedaker, 1974). También se consideraron las especies dominantes y herbáceas asociadas a los manglares. Las especies presentes en los manglares fueron: *Rhizophora mangle*

(mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), pastizales y selvas inundables.

Para interpretar los valores obtenidos a partir del Índice SAVI, se calcularon los intervalos de confianza (IC95%) de zonas con los tres tipos de condición evaluados (conservado, degradado y muerto). Los intervalos estadísticos se ajustaron de acuerdo con un criterio conservador; se ampliaron los rangos en ambas colas para zonas degradadas y conservadas, permitiendo más realce de píxeles con una mayor presencia de vegetación densa como herbáceas y arbustos pequeños vigorosos en bajas densidades en zonas degradadas y árboles densos, pero poco vigorosos en zonas conservadas.

8.6.12.3 Caracterización estructural y ambiental de los manglares

La caracterización de la estructura de una comunidad de manglar indica el grado de desarrollo y las condiciones ambientales en las que se encuentra. Las distintas variables estructurales dan como resultado diferentes tipos ecológicos de manglar en las diferentes zonas, y son explicadas por los diferentes patrones de mareas, descargas de agua dulce (puntual o difusa), vientos, precipitación y los diversos escenarios geomorfológicos de los sistemas costeros (Twilley *et al.*, 1986). Según la clasificación de Lugo y Snedaker (1974) los tipos de manglares presentes en la Península de Yucatán son de franja, cuenca, chaparro y petén **Figura 8.51**, (Adame *et al.*, 2015).

Franja: Se localizan a lo largo de la línea de costa o cuerpo de agua, en la rívera de canales y lagunas. Están expuestos al efecto diario de las mareas, no reciben aportes directos de agua dulce, por lo que presentan alta salinidad y el aporte de nutrientes es bajo.

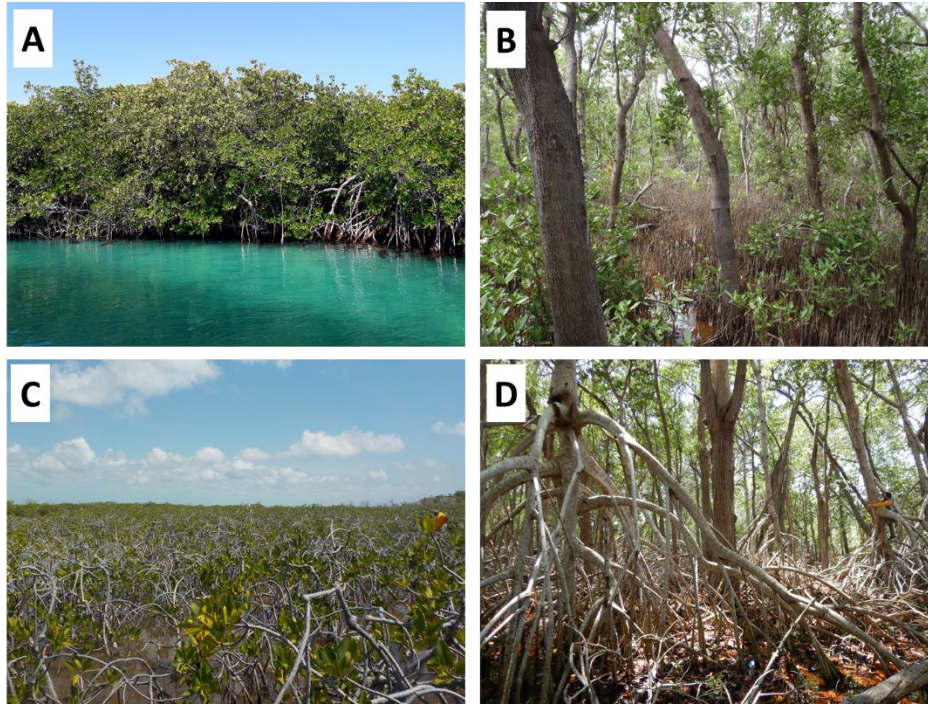
Cuenca: Se presentan en depresiones topográficas por lo que se ubican detrás del manglar tipo franja, solamente se inundan en mareas muy altas, el movimiento del agua es lento, las condiciones reducidas del suelo y alta salinidad son factores importantes que causan menor productividad que los manglares de franja.

Chaparro: Son árboles menores a 3-4 m de altura, con alta densidad de individuos como consecuencia del pobre enriquecimiento de nutrientes en sus sedimentos y/o altas salinidades.

Petén: Se encuentra asociado a cuerpos de agua, conocidos como “ojos de agua” o “manantiales”. Adquiere alturas alrededor de 15 a 30 m, gracias a las elevadas

concentraciones de nutrientes, baja salinidad y suelos con una capa gruesa de materia orgánica (Herrera-Silveira *et al.*, 1998).

Figura 8.51. Tipos ecológicos de manglar en presentes en la Península de Yucatán: A) Manglar de Franja, B) Manglar de Cuenca, C) Manglar Chaparro y D) Manglar Petén.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021)

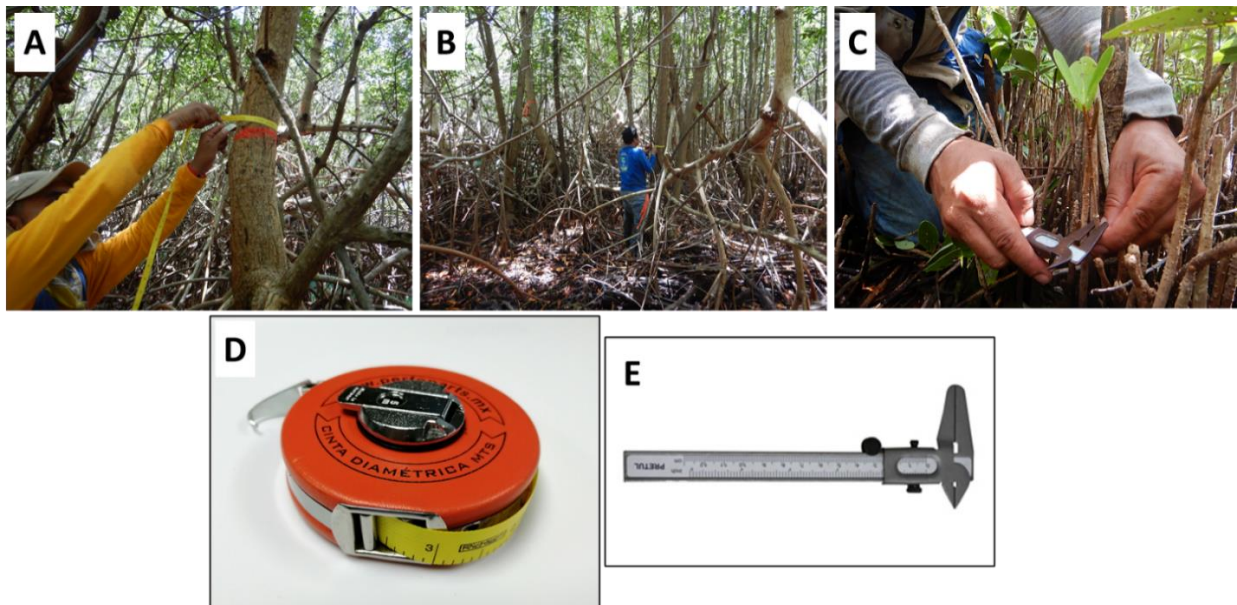
8.6.12.4 Descripción de variables estructurales de la vegetación

Se establecieron parcelas de verificación y en cada una se evaluaron las variables estructurales de la vegetación descritas por Schaeffer-Novelli y Cintrón (1990). Para este trabajo se consideraron diferentes estados estructurales (adulto, juvenil y plántula). Los juveniles son aquellos que presentan una altura igual o mayor a 0.5 m y un diámetro menor a 2.5 cm, pero que aún no produce estructuras reproductivas (flor o fruto). Se denominaron plántulas a aquellos organismos de manglar que presentan una altura menor a 0.5 m.

El diámetro a la altura del pecho (DAP \approx 1.3m de altura) es una variable que determina el estado de desarrollo de la vegetación de manglar mediante el cálculo del área basal de cada árbol. Esta variable se obtuvo utilizando una cinta diamétrica (**Figura 8.52D**) en árboles adultos, los cuales presentaron un diámetro mayor a 2.5 cm. Se utilizó un vernier universal (**Figura 8.52E**) para la medición del diámetro en plántulas. El DAP se tomó aproximadamente a 1.3 m del suelo (**Figura 8.52A**), sin embargo, en manglares pequeños

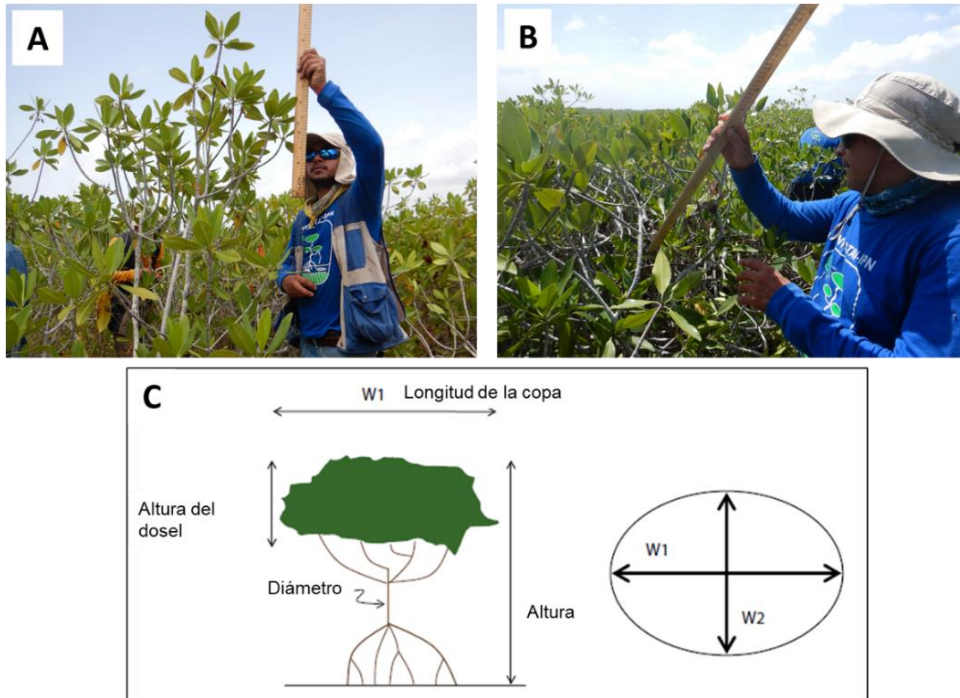
el diámetro se midió 5 cm arriba de la última raíz y en plántulas en el primer nodo (**Figura 8.52C**). En el caso particular de *Rhizophora mangle* el diámetro se tomó 30 cm después de la última raíz constituida como se muestra en la **Figura 8.52B**. Por otro lado, en el caso del manglar chaparro se determinó la altura del dosel utilizando una regla graduada, esta altura va desde la primera hoja en la parte inferior del dosel hasta la última hoja ubicada en la parte superior del dosel (**Figura 8.53**). Adicionalmente, se registró la especie de cada individuo y se midieron y calcularon variables estructurales como altura, área basal, densidad de adultos, índice de valor importancia como medida de la dominancia de las especies, reclutamiento y densidad, las cuales se describen a continuación.

Figura 8.52. A) Medición del DAP en árboles. B) Medición del DAP en *Rhizophora Mangle*. C) Medición del diámetro en plántulas. D) Cinta diamétrica de 10 m. E) Vernier calibrado.



Fuente: (Caracterización de la biota en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

Figura 8.53. A) Medición de la altura del dosel en árboles chaparros con regla graduada de 1 m; B) Medición de la longitud de la copa; C) Esquema para la medición en campo para determinar la biomasa de manglares de tipo chaparro.

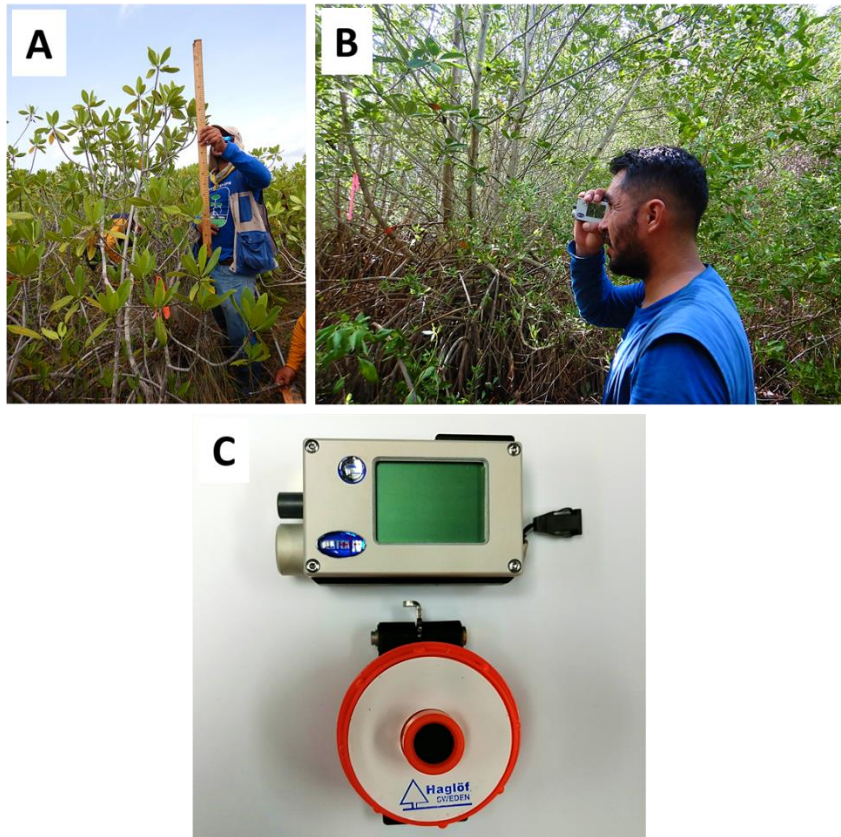


Fuente: Modificado de (Kauffman, et al. 2013.)

Especie: Se identificó la especie a la que pertenecía cada individuo registrado dentro de las parcelas: *Rhizophora mangle* (Rm), *Avicennia germinans* (Ag), *Laguncularia racemosa* (Lr) y *Conocarpus erectus* (Ce).

Altura: Es la distancia vertical entre la base del tronco a la punta de la copa. El instrumento que fue utilizado para medir la altura fue un clinómetro o bien un flexómetro, y para individuos pequeños una regla graduada a 1m (**Figura 8.54**).

Figura 8.54. A) Medición de la altura en manglares bajos con una regla de un metro. B) Estimación de alturas con un Vertex (Haglöf) en manglares medianos. C) Hipsómetro Vertex IV con transbordador T3 (Haglöf).



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021)

Área Basal: Esta variable se calculó a partir de la medición del diámetro a la altura de pecho (DAP). Para su medición se utilizó una cinta diamétrica y se midieron todos los individuos adultos mayores a 2.5 cm de diámetro de tallo que se encontraban en la parcela. Para la medición del D_{30} se utilizó un vernier calibrado a una altura de 30 cm del suelo para la especie *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* o de las últimas raíces aéreas en la especie de *Rhizophora mangle*.

Densidad de adultos: Se calculó mediante el conteo del número total de individuos adultos entre el área total de la parcela establecida de 25m².

Índice de valor de importancia (IVI): Indica la importancia de las especies de acuerdo con diferentes variables (frecuencia relativa + densidad relativa + dominancia relativa).

Reclutamiento/ Regeneración natural: Se denominó plántula al individuo ya establecida con una altura menor a 50 cm (**Figura 8.55**). Para llevar a cabo el monitoreo de plántulas de manglar se establecieron subparcelas de 1 m², a cada individuo se les midió altura total y se identificaron las especies presentes.

Densidad: Se calculó mediante el conteo de todas las plántulas presentes dentro de las subparcelas de 1m².

Figura 8.55. Determinación de variables estructurales en plántulas reclutadas. A) Medición de la altura y B) del diámetro en plántulas de manglar.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021)

8.6.12.5 Variables fisicoquímicas del agua

En cada parcela se obtuvieron muestras de agua intersticial a una profundidad de 30 a 40 cm mediante un tubo de acrílico y una jeringa de 60 ml (**Figura 8.56**). El agua intersticial se utilizó para medir la salinidad colocando una porción del agua extraída en un refractómetro (Atago); esta variable puede indicar los efectos que suceden cuando hay interrupción en el intercambio o modificación en la hidrología, propiciando una salinización en el lugar y ocasionar la muerte del manglar; otro volumen de agua se usó para medir temperatura, pH y potencial redox con un sensor multiparamétrico.

Figura 8.56. A) Extracción del agua intersticial con un tubo de acrílico. B) Medición de la salinidad con un refractómetro. C) y D) Medición de la temperatura, pH y potencial redox con un multiparámetro. E) Equipos para medir las variables fisicoquímicas del agua intersticial.



Fuente: (Informe de caracterización de manglar, 2021)

8.6.13 Caracterización de la vegetación

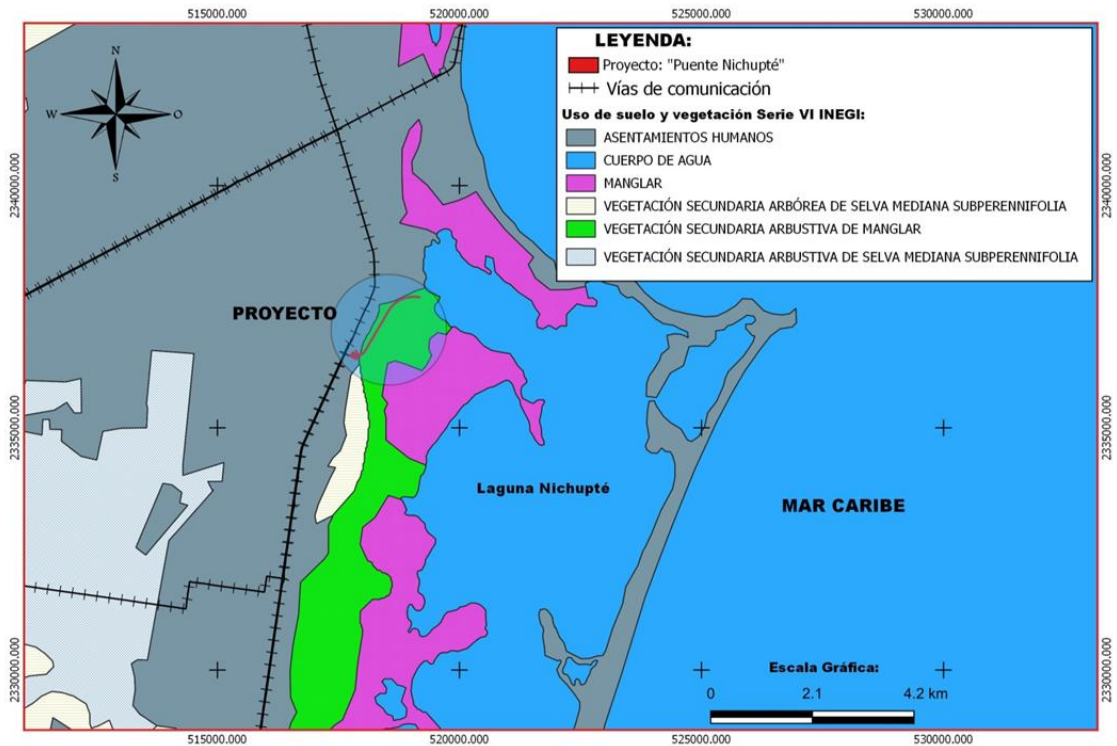
Se realizaron estudios de caracterización de la vegetación en la unidad hidrológica forestal, que corresponde con el Sistema Lagunar Nichupté y en la Zona de Influencia Indirecta (ZII) del Proyecto. A continuación, se describen las metodologías para cada uno.

8.6.13.1 Vegetación en la unidad hidrológica forestal (Sistema lagunar Nichupté)

En esta unidad se reconocen los siguientes ecosistemas:

- Duna costera
- Manglar
- Tular
- Cuerpos de agua
- Selva baja subcaducifolia y
- Selva mediana subperennifolia

Figura 8.57. Tipos de vegetación de la cuenca donde se ubica el predio.

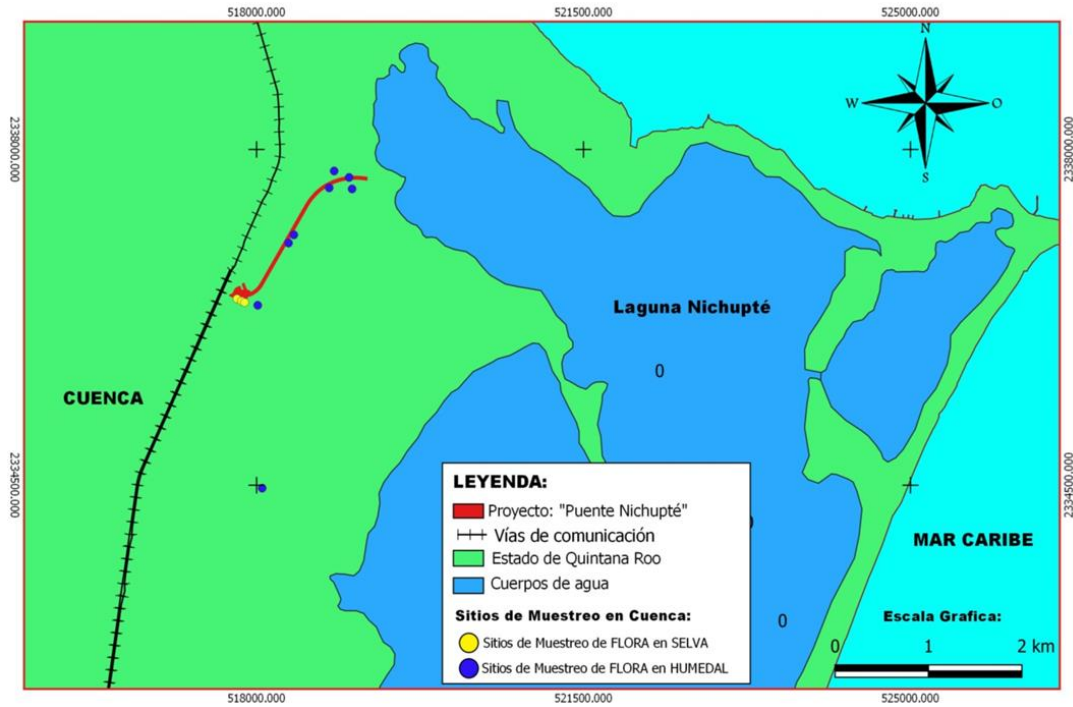


Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

Los detalles se pueden consultar en el capítulo 4.

Para conocer el estado en que se encuentra la vegetación de selva mediana subperennifolia de la cuenca 32A (subcuenca "a"), se eligió el área a un predio cercano al proyecto al que le denominaremos Predio Particular (unidad de análisis), en este se realizó el muestreo correspondiente tomando como base la metodología aplicada por Reuter, M., C. Schulz y C. Marrufo. 1998. Manual Técnico Forestal, Información básica, métodos y procedimientos. Acuerdo México – Alemania. Basado en sitios circulares (parcelas de 500 m²), cuyas coordenadas de los sitios son las siguientes (**Figura 8.58** y **Tabla 8.31**):

Figura 8.58. Plano de sitios de muestreo de flora de la cuenca.



Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

Tabla 8.31. Coordenadas de los sitios de muestreo de la unidad de análisis (subcuenca “a”).

Sitios selva		
1	517791	2336444
2	517840	2336420
3	517872	2336406
Sitios humedal		
1	518013	2336376
2	518060	2334469
3	518343	2337025
4	518400	2337110
Sitios humedal		
5	518831	2337776
6	518778	2337600
7	518991	2337709
8	519023	2337589

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

8.6.13.1.1 Metodología detallada para el muestreo de vegetación por estrato en la unidad hidrológica forestal (Sistema Lagunar Nichupté)

La toma de datos de campo se realizó de acuerdo a las características de la asociación vegetal presente, es decir, para la vegetación de selva mediana subperennifolia presente en el área de la unidad de análisis (cuenca), se levantaron 3 sitios circulares de 500 m² cada uno distribuidos en una línea de muestreo.

Para tal fin se utilizó un muestreo sistemático aplicando la técnica de muestreo por sitios circulares concéntricos con diferentes superficies (todos dentro de un mismo círculo) el cual suman una superficie total de 500 m², es decir para el arbolado de 10 cm en adelante se utilizó el círculo con un radio de 12.62m a partir del centro dando una total de 500 m², para el arbolado entre 5 y 9.9 cm de diámetro se utilizó un círculo con un radio de 3 m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 28.27m² y para la regeneración que va desde nivel de suelo hasta los 4.9 cm de diámetro se utilizó un círculo de 1m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 3 m².

En cada sitio se tomaron los parámetros siguientes:

- a) Sitio de 500 m² todos aquellos árboles por especie con DAP (diámetro a la altura del pecho) de 10 cm en adelante.
- b) Sitio de 28.27 m² Todos aquellos arbustos por especie con diámetros entre 5 y 9.9 cm.
- c) Sitio de 3 m² Se contabilizaron los individuos por especie con diámetros de 1 hasta 4.9 cm.
- d) Se anotó el nombre común de las especies presentes en el levantamiento de datos.
- e) El Proceso de la información se realizó a través del programa Selva versión 2001 editado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP, sureste).

Una vez obtenida la información de campo se procedió a procesar dicha información clasificando el arbolado en general de acuerdo con su forma biológica o forma de vida, se estructuró el listado florístico por estratos ubicando así a cada individuo en el listado general según correspondió con el estrato arbóreo, estrato arbustivo y estrato herbáceo

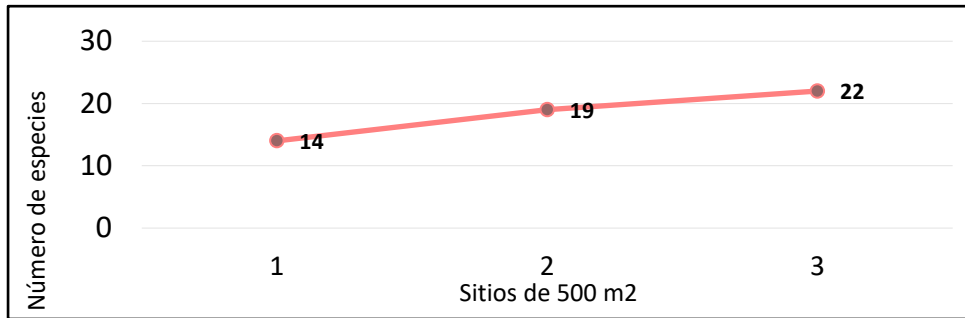
De esta misma forma y con base en la distribución de dichos individuos por sitio de muestreo se elaboró la tabla correspondiente para obtener la frecuencia por sitio y la obtención del IVI (Índice de Valor de Importancia).

8.6.13.1.2 Curva de especies para la vegetación de selva mediana subperennifolia

Ante la carencia de estudios específicos realizados en la zona y que señalen el tamaño del área de muestreo que habrá de permitir el mejor entendimiento de la estructura de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea, se realizó el análisis de área mínima necesaria. De esta manera, en la siguiente figura, se muestra la relación obtenida,

en donde se representa la superficie muestreada en total de 3 sitios circulares de 500 m² cada uno, con relación al número de especies arbóreas encontradas, observándose el patrón típico en donde se alcanza un máximo de acumulación de especies y al alcanzar la asíntota la curva se mantiene más o menos constante, lo cual indica que se ha encontrado el mayor número de especies que ahí se distribuyen (**Figura 8.32**).

Tabla 8.32. Curva de especie / área.



Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

De acuerdo con lo anterior, es evidente que para el estrato arbóreo de la selva mediana subperennifolia/vegetación secundaria arbórea que se distribuye en el predio de interés, se requiere una superficie mínima de muestreo del orden de los 1,500 m². De acuerdo con los datos anteriores, se considera que los resultados obtenidos a través del presente estudio son válidos y representativos, ya que se ha alcanzado una superficie muestreo de 1,500 m². En la **Tabla 8.33**, se presenta el listado de especies reconocidas por estratos para los sitios de muestreo referidos en la **Tabla 8.31**.

Tabla 8.33. Especies presentes en el predio de la unidad de análisis por estratos.

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae
2	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae
3	Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbanaceae
4	Bumelia	<i>Bumelia obtusifolia</i>	Zapotaceae
5	Ciricote	<i>Cordia dodecandra</i>	Boraginaceae
6	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotaceae
7	Tzalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Fabaceae
8	Ramon blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae
Estrato arbóreo			
9	Bolchiche	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Poligonaceae

10	Chukum	<i>Havardia albicans</i>	Fabaceae
11	Verde lucero	<i>Pithecellobium mangense</i>	Fabaceae
12	Boichich	<i>Coccoloba spicata</i>	Poligonaceae
13	Alamo	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae
14	Chacni	<i>Calyptanthus pallens</i>	Mirtaceae
15	Sacpa	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	Malpigiaceae
16	Guayancox	<i>Exothea diphylla</i>	Sapindaceae
17	Eculub	<i>Drypetes lateriflora</i>	Euphorbiaceae
18	Kanazin	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Fabaceae
19	Caracolillo	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Zapotaceae
20	Kitanche	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Fabaceae
21	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae
Estrato arbustivo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae
2	Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>	Apocynaceae
3	Mahahua	<i>Hampea trilobata</i>	Malvaceae
4	Nakax	<i>Coccothrinax readii</i>	Arecaceae
5	Guano blanco	<i>Sabal yapa</i>	Arecaceae
6	Katziin	<i>Acacia riparia</i>	Fabaceae
7	Pata de vaca	<i>Bauhinia divaricata</i>	Fabaceae
Estrato herbáceo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Piper	<i>Piper amalago</i>	Piperaceae
2	Anturium	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Araceae
3	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Acanthaceae
4	Tripa del diablo	<i>Selenicereus donkelaarrii</i>	Cactaceae
5	Sac ak	<i>Cydista potosina</i>	Bignoniaceae
6	Magüey morado	<i>Rhoeo discolor</i>	Commelinaceae
7	Chaya	<i>Cnidoscolus multilobus</i>	Euphorbiaceae
8	Agave	<i>Agave angustifolia</i>	Agavaceae
9	Cocolmecca	<i>Smilax mollis</i>	Smilacaceae

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

Las especies que están reconocidas con alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 se presentan en la **Tabla 8.34**:

Tabla 8.34. Especies con categoría de riesgo de la unidad de análisis y su distribución de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT -2010.

Nombre científico	Nombre común	Estrato	Categoría de riesgo y distribución de acuerdo a la NOM-059-2010
<i>Thrinax radiata</i>	Palma Chit	Arbustivo	Amenazada no endémica
<i>Coccothrinax readii</i>	Palma Nakas	Arbustivo	Amenazada endémica

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

8.6.13.1.3 Análisis de diversidad de la vegetación en la selva

La diversidad de las especies se mide basándose en dos ideas: la riqueza de especies y la equidad de las especies. La riqueza de especies se refiere al número total de especies. La equidad de las especies mide la similitud de abundancia de las especies, en otras palabras, ¿todas las especies son igualmente abundantes, o sus abundancias están sesgadas, es decir, unas pocas muy abundantes, y otras escasas?

Para medir la diversidad existen varios índices que se utilizan para poder comparar la biodiversidad entre diferentes ecosistemas o zonas. Para este caso se utilizó el índice de Shannon & Wiener.

Índice de Shannon – Weaver

Índice de Shannon - Weaver es una de las medidas de diversidad relacionadas con la teoría de información. Estas medidas parten del supuesto de que una comunidad (ensamblaje de organismos presentes en un hábitat) es análogo a un sistema termodinámico en la cual existe un número finito de individuos (análogo a cantidad de energía), los cuales pueden ocupar un número -también finito- de categorías (especies, análogo de estados).

La estadística para describir esta situación: un sistema con un número finito de individuos y de categorías (especies); sin restricciones en cuanto al número de especies ni de individuos por categoría (especie), está dada por la Fórmula de Brillouin; equivale a la incertidumbre acerca de la identidad de un elemento tomado al azar de una colección de N elementos distribuidos en sus categorías, sin importar el número de elementos por categoría ni el número de categorías. Dicha incertidumbre aumenta con el número de categorías (riqueza) y disminuye cuando la mayoría de los elementos pertenecen a una misma categoría.

Índice de Shannon

El índice de Shannon, de Shannon-Weaver o de Shannon-Wiener se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total.

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

Donde:

- número de especies (la riqueza de especies).
- P_i proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i / N
- N_i número de individuos de la especie i
- N Número de todos los individuos de todas las especies
- **Log2 la fórmula utiliza el logaritmo base 2**

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*)

El concepto de **uniformidad** se deriva fácilmente de las consideraciones teóricas de las fórmulas descritas para H y \hat{H} .

Si $n_1 = n_2 = n_3 = n_i \dots = n$, entonces:

$$N = s \sum n_i = sN$$

$$H_{\max} = \ln s$$

Esto permite cuantificar qué tanto la diversidad estimada (\hat{H}) para una situación dada se desvía del máximo teórico (H) -que ocurre cuando todas las especies son igualmente abundantes. Es lo que se denomina equidad o uniformidad (J); en algunos escritos técnicos en castellano se emplea el desafortunado término equitabilidad o peor ecuitabilidad. Esto es, en el mejor de los casos, un anglicismo debido a los malos hábitos del profesor estadounidense Monte Lloyd.

Los Valores de este índice van de 0 a 1, el cero representa bajo índice de equidad y el uno el valor mayor.

Índice de Diversidad de Shannon-Wiener y de Equitatividad (J) para cada estrato

Los cálculos de la prueba de Diversidad de Shannon _Weiner, se realizó mediante el programa computarizado especializado conocido como BioDiversity Pro versión 2.0, escrito por NeilMcAleece y diseñado por PJD Lamshead, GLJ Paterson and, JD Gage, The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science, Derechos Reservados 1997.

Para los cálculos de la prueba de Diversidad de Shannon _Weiner, se realizó por medio del paquete BioDiversity Pro, así también se calculó el valor de Equitatividad (J). Estos muestreos se llevaron a cabo en tres estratos: herbáceo; arbustivo y arbóreo; en función de la forma biológica de las especies. La superficie del levantamiento de datos para el cálculo de los índices fue de una superficie de 3 m², 28m² y 500 m² en cada uno de los sitios.

IVI=Dominancia Relativa+Densidad Relativa+Frecuencia Relativa

El Índice de Valor de Importancia (IVI), fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool et al (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) y Corella et al (2001). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calcula de la siguiente manera:

Para este caso específicamente del área de estudio de la unidad de análisis, se realizaron la aplicación de cada una de las fórmulas de cada uno de estos parámetros de los estratos (Herbáceo, arbustivo y Arbóreo).

8.6.13.1.4 Vegetación de tular en la unidad hidrológica forestal

Humedal con pastizal (zacate cortadera, *Typha* y Carrizo) asociado con mangle disperso

Es importante mencionar que para conocer el estado en que se encuentra la vegetación del humedal con sus diferentes asociaciones presente en el área del proyecto, se realizó el muestreo correspondiente tomando como base la metodología aplicada por Reuter, M., C. Schulz y C. Marrufo. 1998. Manual Técnico Forestal, Información básica, métodos y procedimientos. Acuerdo México – Alemania. Basado en sitios circulares (parcelas de 500 m²) y cuyas coordenadas de los sitios son las siguientes (**Tabla 8.35**):

Tabla 8.35. Coordenadas UTM de cada uno de los sitios del humedal del predio de la cuenca.

Sitio	Coordenadas UTM	
	X	Y
1	518013	2336376
2	518060	2334469
3	518343	2337025
4	518400	2337110
5	518831	2337776
6	518778	2337600
7	518991	2337709
8	519023	2337589

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

La metodología seguida para determinar las características de la vegetación son las mismas que se describieron en el apartado 8.6.12.1.1. Las especies identificadas en el humedal se muestran en la (**Tabla 8.36**).

Tabla 8.36. Especies presentes por estratos en el área del humedal del proyecto.

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	chaca	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae
2	chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae
3	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotaceae
4	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae
5	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	Combretaceae
6	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	Combretaceae
7	Mangle negro	<i>Avicennia germinans</i>	Verbenaceae
8	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	Rhizophoraceae

Estrato arbustivo			
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae
2	Dzidzilche	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Polygonaceae
3	Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	Arecaceae
Estrato herbáceo			
1	Pasto	<i>Panicum amarum</i>	Poaceae
2	Zacate cortadera	<i>Cladium jamaicense</i>	Cyperaceae
3	Carrizo	<i>Phragmites communis</i>	Poaceae
4	Elocharis	<i>Eleocharis cellulosa</i>	Cyperaceae
5	Helecho de manglar	<i>Acrostichum danaeifolium</i>	Polypodiaceae
6	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Acanthaceae
7	Pasto salado	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae
8	Tomatillo	<i>Solanum hirtum</i>	Solanaceae
9	Typha	<i>Typha domingensis</i>	Typhaceae
10	Tulipan	<i>Malva viscus arboreus</i>	Malvaceae
11	Xiat	<i>Chamaedorea seifrizii</i>	Arecaceae

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

Las especies que pertenecen a la NOM-059-SEMARNAT-2010 son las siguientes:

Nombre científico	Nombre común	Estrato	Categoría de riesgo y distribución NOM-059-SEMARNAT-2010
Palma chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arbustivo	Amenazada no endémica
Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	Arbóreo arbustivo	Amenazada no endémica
Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	Arbóreo arbustivo	Amenazada no endémica
Mangle negro	<i>Avicennia germinans</i>	Arbóreo arbustivo	Amenazada no endémica
Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	Arbóreo arbustivo	Amenazada no endémica

De igual manera, para la vegetación del humedal se evaluó la diversidad, abundancia y equidad con los mismos parámetros y metodología que fue descrita en el apartado **8.6.12.1.3**.

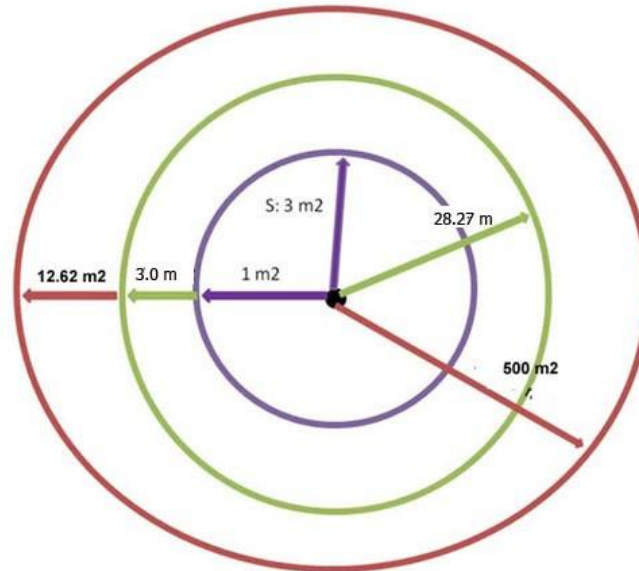
8.6.13.2 Caracterización de la vegetación en el área sujeta a cambio de uso de suelo

8.6.13.2.1 Metodología detallada para el muestreo de vegetación por estrato en la zona de influencia indirecta

Para determinar la caracterización y estructura de la vegetación, se tomó en cuenta la información que se incluirá en el documento para presentar el Estudio Técnico Justificativo (ETJ). Se empleó la metodología aplicada por (Reuter, 1998), basado en parcelas circulares de 500 m² (**Figura 8.59**), tal cual se realizó para el Sistema Lagunar Nichupté, en total, se

evaluaron 21 sitios, que suman una superficie de 10,500 m², esto se hizo para la vegetación de selva, humedal y vegetación en la zona hotelera.

Figura 8.59. Metodología de círculos concéntricos.



Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

En cada sitio se tomaron los parámetros siguientes:

- Sitio de 500 m² todos aquellos árboles por especie con DAP (diámetro a la altura del pecho) de 10 cm en adelante.
- Sitio de 28.27 m² Todos aquellos arbustos por especie con diámetros entre 5 y 9.9 cm.
- Sitio de 3 m² Se contabilizaron los individuos por especie con diámetros de 1 hasta 4.9 cm.
- Se anotó el nombre común de las especies presentes en el levantamiento de datos.

Dentro de la metodología aplicada para el cálculo de los volúmenes correspondientes se utilizó el programa Selva que como se ha explicado, fue diseñado por el INIFAP Regional Sureste para el procesamiento de datos de Inventarios Forestales en la Península de Yucatán con una confiabilidad del 95%.

El programa Selva versión 2001 además de los archivos para manejar el programa contiene fórmulas de regresión que requiere cada especie para obtener sus parámetros dasométricos, cuenta también con archivos abiertos que contiene las claves para las

especies, tipo de suelo y forma de los árboles; en estos archivos se define también el número de fórmulas que corresponde a cada especie, lo que puede ser modificado de acuerdo con la necesidad del usuario.

Las fórmulas de regresión empleadas para los cálculos son las definidas por el inventario nacional para las especies y grupos de especies propias de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. La estimación para el ETJ, toma en cuenta el área basal (AB) que es la superficie que ocupa un árbol en una altura de 1.30 metros, la suma de las áreas basales de todos los individuos en una hectárea (área basal por hectárea) es un índice de densidad del bosque; el volumen total del árbol (VTA), se refiere al volumen de madera y corteza del árbol, incluyendo fuste, puntas y ramas.

8.6.13.3 Verificación de sitios en el área de estudio

Esta se realizó usando los accesos al área de estudio utilizando los planos topográficos correspondientes al trazo y las medidas del predio y documentación legal del mismo, así como información necesaria para la realización de las actividades de campo y gabinete.

La “rodelización” y caracterización en general del predio se realizó de forma directa con el apoyo de la cartografía topográfica escala 1:50,00 y el plano topográfico correspondiente se ubicaron y marcaron los accesos al predio.

8.6.13.4 Intensidad de muestreo

Se levantaron datos en una superficie de 10,500 m², a partir de sitios circulares con un radio de 12.62 m², lo que representó superficies de 500 m²; los datos en cada sitio se recabaron en el sentido de las manecillas del reloj, para ello, se ubicó al centro del sitio una baliza con una cinta de color en donde se indicó el número correlativo del sitio.

En cuanto a los parámetros que se utilizaron en el levantamiento de los datos del arbolado en cada sitio se mencionan lo siguiente: número de sitio, número de árbol, especie, diámetro, altura, sanidad y forma. A partir de lo anterior, la intensidad de muestreo fue del 17.57% con relación a la superficie total del conjunto de predios (5.98 hectáreas) del proyecto y del 56% con respecto a la superficie de afectación (2.026 has).

8.6.13.5 Sitios de muestreo

Se establecieron las coordenadas geográficas de cada línea y sitio por medio de un GPS GARMIN V.5, con marco de referencia cartográfico WGS 84 (equivalente a ITRF92 oficial para México) y la zona 16-Q.

A continuación, en la **Tabla 8.37**, se presentan las coordenadas de ubicación de los 21 sitios evaluados.

Tabla 8.37. Coordenadas de los sitios de muestreo para la vegetación.

Sitio	Coordenadas UTM		Vegetación Selva mediana	Vegetación Humedal	Vegetación inducida con mangle en el borde
	X	Y			
1	517790	2336490	X		
2	517827	2336480	X		
3	517886	2336485	X		
4	517937	2336497		X	
5	518133	2336738		X	
6	518241	2336916		X	
7	518273	2336975		X	
8	518352	2337121		X	
9	518406	2337202		X	
10	518454	2337282		X	
11	518506	2337370		X	
12	518562	2337456		X	
13	518624	2337533		X	
14	518700	2337596		X	
15	518782	2337653		X	
16	518876	2337686		X	
17	518994	2337711		X	
18	519065	2337718		X	
19	519152	2337703		X	
20	519184	2337701		X	
21	524317	2333527	X		X

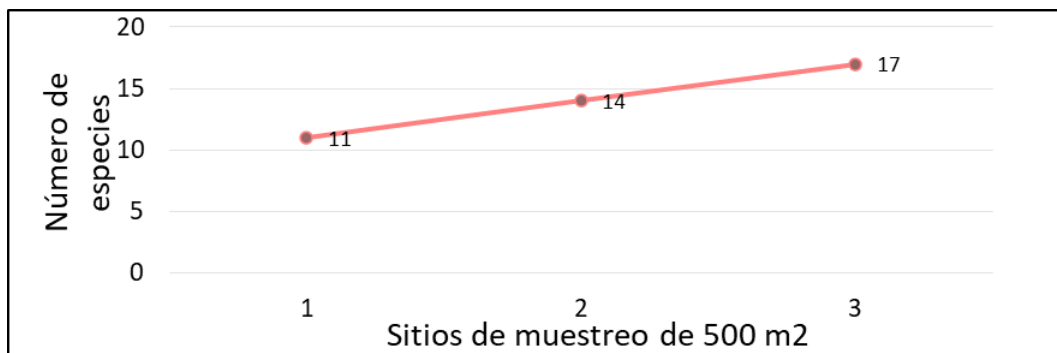
Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021), modificado por GPPA.

Para tal fin se utilizó el muestreo sistemático aplicando la técnica de muestreo por sitios circulares concéntricos con diferentes superficies, tal como se describió en el apartado **8.6.12.1.2**. En la **Figura 8.61**, se muestra la distribución de sitios de muestreo por asociación vegetal.

En la **Figura 8.62**, se presenta la distribución de rodales asociados con los sitios de estudio referidos.

Para la selva mediana subperennifolia, se estimó la cantidad de sitios de muestreo. Tal como se mencionó para la vegetación en el SLN, la carencia de estudios específicos realizados en la zona que señalen el tamaño del área de muestreo que habrá de permitir el mejor entendimiento de la estructura de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea, se realizó el análisis de área mínima necesaria. De esta manera, en la **Figura 8.60**, se muestra la relación obtenida, en donde se representa la superficie muestreada en total de sitios circulares de 500 m² cada uno, con relación al número de especies arbóreas encontradas, observándose el patrón típico en donde se alcanza un máximo de acumulación de especies y al alcanzar la asíntota la curva se mantiene más o menos constante, lo cual indica que se ha encontrado el mayor número de especies que ahí se distribuyen.

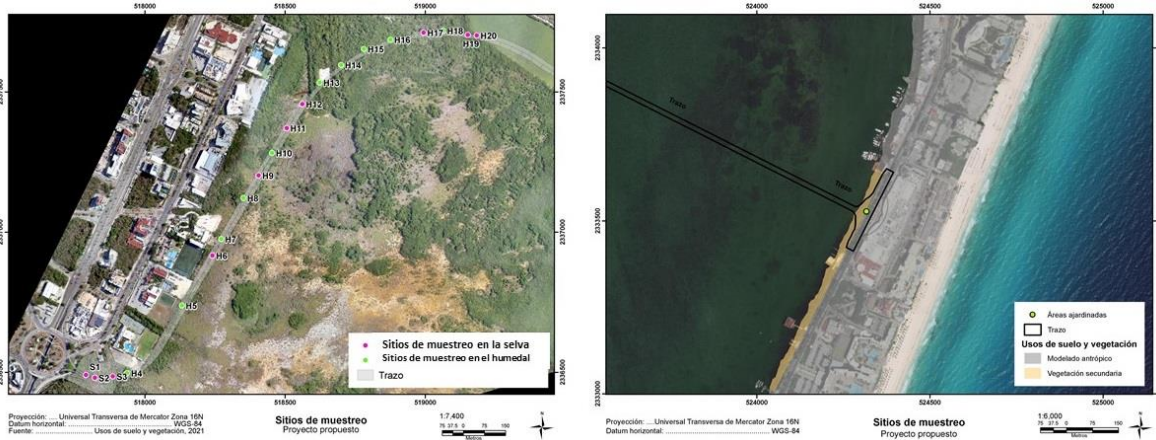
Figura 8.60. Curva de especies en para la selva mediana.



Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

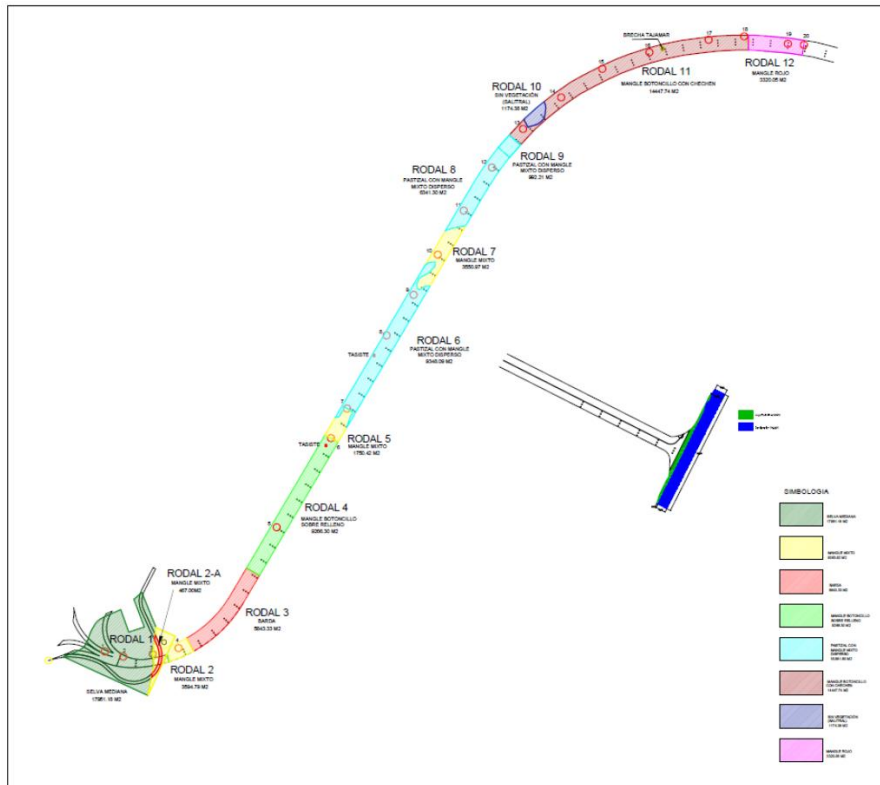
De acuerdo con lo anterior, es evidente que para el estrato arbóreo de la selva mediana subperennifolia/vegetación secundaria arbórea que se distribuye en el predio de interés, se requiere una superficie mínima de muestreo del orden de los 1.500 m². De acuerdo con los datos anteriores, se consideró que los resultados obtenidos a través del estudio son válidos y representativos, ya que se ha alcanzado una superficie muestreo de 1,500 m².

Figura 8.61. Sitios de muestreo. Izq. (Proyecto en la zona terrestre lado oeste), Der. (Proyecto en la zona terrestre lado este). Abajo, sitios de muestreo asociados con los rodales evaluados.



Fuente: GPPA con datos del (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

Figura 8.62. Rodales por tipos de vegetación del predio.



Fuente: GPPA, con datos de (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

8.6.13.1 Procesamiento de datos

El Proceso de la información se realizó a través del programa Selva versión 2001 editado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP, sureste),

que tiene un 95 % de confiabilidad. Este programa fue diseñado para procesar información dasométrica de inventarios forestales, el cual emplea fórmulas de regresión para los cálculos de los DAP las cuales son las definidas por el Inventario Nacional Forestal para las especies y grupos de especies propias de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

Los volúmenes promedios, de área basal y volumen total son obtenidos a través del cálculo del programa estadístico Excel versión 2010, además de que estos resultados se presentan por medio de tablas, los cuales se generaron a partir de un conjunto de opciones de variables relacionadas con el número de árboles, área basal, especies, volumen total entre otros.

Es importante señalar que una vez obtenida la información de campo se procedió a procesar dicha información clasificando el arbolado en general de acuerdo con su forma biológica o forma de vida, para estructurar el listado florístico por estratos, ubicando así a cada individuo en el listado general según corresponda a estrato arbóreo, estrato arbustivo y estrato herbáceo

De esta misma forma y con base a la distribución de dichos individuos por sitio de muestreo se elaboró la tabla correspondiente para obtener la frecuencia por sitio y esta a su vez, sirvió para la obtención del IVI (Índice de Valor de Importancia).

En la **Figura 8.63**, se muestra el proceso de obtención de datos en imágenes.

Figura 8.63. Fotografías del levantamiento de los datos de campo del proyecto.





Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021)

8.6.13.2 Diversidad de la vegetación

8.6.13.2.1 *Selva mediana subperennifolia*

Para medir la diversidad existen varios índices que se utilizan para poder comparar la biodiversidad entre diferentes ecosistemas o zonas. Para este caso se utilizó el índice de Shannon & Wiener o Índice de Shannon - Weaver.

A continuación, se presenta en la **Tabla 8.38**, el listado de especies presentes en la selva mediana subperennifolia.

Tabla 8.38. Especies presentes en la selva del predio del proyecto, por estratos.

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Alamo	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae
2	Caracolillo	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Sapotaceae
3	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae
4	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae
5	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae
6	Chukum	<i>Havardia albicans</i>	Fabaceae
7	Guayancox	<i>Exothea diphylla</i>	Sapindaceae
8	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae
9	Maculis	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae
10	Ramon blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae
11	Sacpa	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	Malpighiaceae
12	Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	Hippocrataceae
13	Tzalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Fabaceae
14	Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbanaceae
Estrato arbustivo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae
2	Guano blanco	<i>Sabal yapa</i>	Palmae
3	Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>	Apocynaceae
Estrato herbáceo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Bejuco morinda	<i>Morinda royoc</i>	Rubiaceae
2	Cocolmea	<i>Smilax mollis</i>	Smilacaceae
3	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Acanthaceae
4	Maguey morado	<i>Rhoeo discolor</i>	Commelinaceae
5	Xnantus	<i>Ichnanthus lanceolatus</i>	Poaceae
6	Yax ak	<i>Arrabidaea podopogon</i>	Bignoniaceae

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

En esta asociación se identificó una especie que pertenece a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla 8.39).

Tabla 8.39. Especies con categoría de riesgo del predio y su distribución de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT -2010.

Nombre científico	Nombre común	Estrato	Categoría de riesgo y distribución de acuerdo a la NOM-059-2010
<i>Thrinax radiata</i>	Palma chit	Arbustivo	Amenazada no endémica

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021)

8.6.13.2.2 Humedal

La metodología para la obtención de datos es la descrita anteriormente. A continuación, en la **Tabla 8.40**, se presenta el listado de especies reconocidas para el humedal.

Tabla 8.40. Especies presentes por estratos en el humedal del proyecto.

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Alamo	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae
2	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae
3	higo	<i>Ficus maxima</i>	Moraceae
4	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae
5	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	Combretaceae
6	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	Combretaceae
7	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	Rhizophoraceae
8	Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	Hippocrataceae
Estrato arbustivo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae
2	Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	Arecaceae
Estrato herbáceo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Carrizo	<i>Phragmites communis</i>	Poaceae
2	Cortadera	<i>Cladium jamaicense</i>	Cyperaceae
3	Eleocharis	<i>Eleocharis cellulosa</i>	Cyperaceae
4	Helecho de manglar	<i>Acrostichum danaefolium</i>	Polypodiaceae
5	Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Acanthaceae
6	Tomatillo	<i>Solanum hirtum</i>	Solanaceae
7	Tulipan	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvaceae
8	Typha	<i>Typha domingensis</i>	Typhaceae

En esta asociación vegetal se identificaron las siguientes especies que pertenece a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (**Tabla 8.41**).

Tabla 8.41. Especies con categoría de riesgo identificadas en el humedal y su distribución de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT -2010.

Nombre científico	Nombre común	Estrato	Categoría de riesgo y distribución NOM-059-2010
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco	Arbóreo	Amenazada no endémica
<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle botoncillo	Arbóreo	Amenazada no endémica
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	Arbóreo	Amenazada endémica

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

8.6.13.2.3 Vegetación inducida con mangle en el borde

A la altura del km 13 del Boulevard Kukulcan en la zona hotelera, específicamente frente a la plaza Kukulcan se encuentra el entronque que unirá el puente Nichupte en una superficie de 0.77 ha. Se caracterizó la vegetación en el sitio en una superficie de 1,513.05 m², esta franja de vegetación tiene 10 m en promedio en su parte más ancha hasta colindar con la laguna en donde se desarrollan algunos individuos de mangle. En esta área se observó vegetación que fue reforestada hace algunos años y que en la actualidad existen especies arbóreas asociadas con especies de jardinería.

A continuación, en la (Tabla 8.42), se presenta un listado general y número de individuos de las especies presentes, en el área, así también como dicha área colinda con la laguna se observa la presencia de individuos de mangle botoncillo.

Tabla 8.42. Listado de las especies presentes en el área.

#	Nombre común	Nombre científico	Familia	Total
1	Alamo	<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Moraceae</i>	1
2	Almendra	<i>Terminalia catapa</i>	<i>Combretaceae</i>	2
3	Chaca	<i>Bursera smaruba</i>	<i>Burseraceae</i>	3
4	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	<i>Anacardiaceae</i>	4
5	Ciricote blanco	<i>Cordia sebestena</i>	<i>Boraginaceae</i>	19
6	Higo	<i>Ficus obtusifolia</i>	<i>Moraceae</i>	1
7	Kaniste	<i>Pouteria campechiana</i>	<i>Sapotaceae</i>	1
8	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Combretaceae</i>	3
9	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	<i>Combretaceae</i>	21
10	Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	<i>Hippocrataceae</i>	7
TOTAL				62
#	Nombre común	Nombre científico	Familia	Total
11	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	<i>Arecaceae</i>	16
TOTAL				16
#	Nombre común	Nombre científico	Familia	Total
12	Lantana	<i>Lantana camara</i>	<i>Verbanaceae</i>	1
TOTAL				1

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

8.6.13.2.4 Índice de Shannon

El índice de Shannon, de Shannon-Weaver o de Shannon-Wiener se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa

normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total. Los resultados se pueden consultar en el capítulo 4 de esta MIA-R.

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = \sum_{i=1}^S Pi \log_2 Pi$$

Donde:

- número de especies (la riqueza de especies).
- P_i proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i / N
- N_i número de individuos de la especie i
- N Número de todos los individuos de todas las especies
- \log_2 la fórmula utiliza el logaritmo base 2

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*)

El concepto de uniformidad se deriva fácilmente de las consideraciones teóricas de las fórmulas descritas para H y H' .

Si $n_1 = n_2 = n_3 = n_i \dots = n$, entonces:

$$N = s \sum n_i = sN$$

$$H_{max} = \ln s$$

Esto permite cuantificar qué tanto la diversidad estimada (\hat{H}) para una situación dada se desvía del máximo teórico (H) -que ocurre cuando todas las especies son igualmente abundantes. Es lo que se denomina equidad o uniformidad (J); en algunos escritos técnicos en castellano se emplea el desafortunado término equitabilidad o peor ecuitabilidad. Esto es, en el mejor de los casos, un anglicismo debido a los malos hábitos del profesor estadounidense Monte Lloyd.

Los Valores de este índice van de 1 a 5, siendo un valor pobre el 1 y máxima diversidad el 5. En general se considera un ecosistema pobre cuando los valores no alcanzan de 3 en adelante. En este caso se ha verificado la metodología correspondiente y se presenta lo siguiente:

Índice de Diversidad de Shannon-Wiener y de Equitatividad (J) para cada estrato

Los cálculos de la prueba de Diversidad de Shannon _Weiner, se realizó mediante el programa computarizado especializado conocido como BioDiversity Pro versión 2.0, escrito por NeilMcAleece y diseñado por PJD Lamshead, GLJ Paterson and, JD Gage, The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science, Derechos Reservados 1997.

Para los cálculos de la prueba de Diversidad de Shannon _Weiner, se realizó por medio del paquete BioDiversity Pro, así también se calculó el valor de Equitatividad (J). Estos muestreos se llevaron a cabo en tres estratos: herbáceo; arbustivo y arbóreo; en función de la forma biológica de las especies. La superficie del levantamiento de datos para el cálculo de los índices fue de una superficie de 3 m², 28m² y 500 m² en cada uno de los sitios.

8.6.13.2.5 Análisis del Índice de Valor de Importancia

El Índice de Valor de Importancia (IVI), fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool et al (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) y Corella et al (2001). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calcula de la siguiente manera:

$$\checkmark \text{IVI} = \text{Dominancia Relativa} + \text{Densidad Relativa} + \text{Frecuencia Relativa.}$$

Para este caso específicamente del área de estudio, se realizaron la aplicación de cada una de las fórmulas de cada uno de estos parámetros de los estratos (Herbáceo, arbustivo y Arbóreo).

8.6.13.3 Metodología para la estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio, de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo

Como ya se ha mencionado, el programa empleado para obtener los datos relacionados con las estimaciones de vegetación por asociación vegetal, se obtuvieron a partir del programa selva que como se ha explicado en dicho capítulo fue diseñado por el INIFAP Regional Sureste para procesamiento de datos de Inventarios Forestales de la Península de Yucatán con una confiabilidad del 95%.

El programa Selva versión 2001 además de los archivos para manejar el programa contiene fórmulas de regresión que requiere cada especie para obtener sus parámetros dasométricos, cuenta también con archivos abiertos que contienen las claves para las especies, tipo de suelo y forma de los árboles. En estos archivos se definen también las fórmulas que corresponden a cada especie, lo que puede ser modificado de acuerdo con la necesidad del usuario. La base de este procedimiento son fórmulas de regresión definidas por el inventario nacional para las especies y grupos de especies propias de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

De acuerdo con la fracción IV del artículo 2 del Reglamento de la Ley general de Desarrollo Forestal Sustentable, el Área basal, es la suma de las secciones transversales de los árboles en una superficie determinada, medida a partir del diámetro del tronco a una altura del pecho (1.30 metros sobre el suelo), expresada en metros cuadrados por hectárea.

De acuerdo con el Manual Técnico Forestal (información básica, métodos y procedimientos) Acuerdo México-Alemania pag. 42. El área basal (A.B) es la superficie que ocupa un árbol a una altura de 1.30 metros. La suma de las áreas basales de todos los individuos en una hectárea (área basal por hectárea) es un índice de densidad del bosque y se calcula de la siguiente manera:

$$r = \text{radio}; d_{ap} = \text{diámetro a altura de pecho (1.30 m);}$$
$$A.B. = r^2 \times \pi = \frac{d_{ap}^2}{4} \times 3.1416 = d_{ap}^2 \times 0.7854$$

De acuerdo con el numeral 3.18 de la NOM-152.SEMARNAT-2006. Volumen total árbol (VTA) se refiere al volumen de madera y corteza del árbol, incluyendo fuste, puntas y ramas.

Por otra parte, para calcular las existencias volumétricas obtenidas en el muestreo de campo, se utilizó el Programa de Cómputo SELVA 2001 diseñado para selvas tropicales de la península de Yucatán, por personal técnico del INIFAP y que procesa los parámetros silvícolas de diámetro normal y alturas total y de fuste limpio, procesándolos mediante fórmulas de regresión para las principales especies.

Cada uno de los grupos de ecuaciones cubre a determinadas especies, las que se consideraron en función de sus características tecnológicas y de crecimiento; estas ecuaciones y agrupamientos de especies fueron realizadas por los profesionales forestales que realizaron los inventarios forestales en los Estados del sur sureste del país

Mediante el programa de cómputo, se obtuvo el cálculo de las existencias reales por especie a nivel de árbol individual y se calcularon en función a la superficie muestreada, los valores por hectárea. El programa calcula también la varianza y el error estándar de las observaciones levantadas con una confiabilidad del 95%.

En México, el Inventario Nacional Forestal obtuvo las ecuaciones de regresión para algunas especies, con las que es posible obtener el volumen total árbol para individuos de algunas especies, estas ecuaciones de regresión se utilizaron para estimar los volúmenes de las especies que se muestran a continuación, mediante el Programa Selva IV, utilizado en Campeche y Quintana Roo (Patiño et al, 2000).

Ecuaciones de regresión

Cedro (*Cedrela odorata*)

$$VT = EXP (-9.64583328 + 1.79389367 \log (D) + 1.03915044 \log (HT))$$

(R₂ = 0.98403294)

Caoba (*Swietenia macrophylla*)

$$VT = EXP (-10.06001321 + 1.98160359 \log (D) + 1.03695598 \log (HT))$$

R₂ =

Ramón (*Brosimum alicastrum*)

$$VT = EXP (-9.53415154 + 1.85980581 \text{ Log} (D) + 0.96989346 \text{ Log} (HT))$$

R₂ =

Chicozapote (*Manilkara zapota*)

$$VT = EXP (-9.84923104 + 1.91175328 \text{ Log} (D) + 1.04555238 \text{ Log} (HT))$$

R₂ =

Chaca (*Bursera simaruba*)

$$VT = EXP (-9.88284891 + 1.92178549 \text{ Log}(D) + 1.04714889 \text{ Log} (HT))$$

R2 =

Jobo (*Spondioas mombin*)

VT = EXP (-10.09141259 + 1.93246219 Log(D) + 1.06194865 Log (HT))

R2 =

Tamay, Trementino (*Zuelania guidonia*)

VT = EXP (-9.98357915 + 1.9500045 Log (D) + 1.05153755 Log (HT))

R2 =

Chechén negro (*Metopium brownei*)

VT = EXP (-8.81312542 + 1.56449274 Log (D) + 1.08361129 Log (HT))

R2 =

kinsah, Uinic (*Hippomane mancinella*)

VT = EXP (-9.60981068 + 1.82854720 Log (D) + 1.01082458 Log (HT))

R2 =

Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*)

Amapola (*Pseudobombax ellipticum*)

VT = EXP (-9.52774573 + 1.76329569 Log (D) + 1.08168791 Log (HT))

R2 =

Kanchunup (*Thouinia paucidentata*)

VT = EXP (-9.83322527 + 1.92412457 Log (D) + 1.00970142 Log (HT))

R2 =

Papelillo (*Alseis yucatanensis*)

VT = EXP (-9.41737421 + 1.76385327 Log (D) + 1.04057089 Log (HT))

R2 =

Ceiba (*Ceiba pentandra*)

VT = EXP (-10.22563374 + 1.92362277 Log (D) + 1.14061993 Log (HT))

R2 =

Balche (*Lonchocarpus castilloi*)

VT = EXP (-9.82447804 + 1.931626 Log (D) + 1.01313725 Log (HT))

R2 =

Bojón, (*Cordia alliodora*)

VT = EXP (-9.20446857 + 1.070136976 Log (D) + 1.07521396 Log (HT))

R2 =

Donde: Vol = Exp (C0 + C1 Log (D) + C2 Log (HT))

Vol = Volumen; **VT** = volumen Total; **C0**, **C1**, y **C2** son los coeficientes de regresión

D = Diámetro normal; **HT** = Altura total y **Log** = Logaritmo natural

8.6.14 Caracterización de la fauna

8.6.14.1.1 Caracterización de la fauna en la unidad hidrológica forestal (Sistema Lagunar Nichupté)

Las metodologías fueron las mismas descritas para la vegetación para determinar los índices de diversidad y abundancia.

Avifauna

Las aves se muestrearon durante tres días, siguiendo el método de transecto sobre una brecha realizada de aproximadamente 100 metros de longitud y a través de conteos por contacto visual en distancia limitada (Ralph, J & M Scott, 1981). De esta manera, se realizaron los muestreos teniendo como ayuda el uso de binoculares y guías de campo de aves de la región. (Aves comunes de la Península de Yucatán 2008). Durante las primeras horas de la mañana es cuando se registra la mayor cantidad de aves y en las horas del mediodía estos organismos bajan notoriamente su actividad y la reinician al atardecer una vez que las condiciones ambientales son menos extremas.

En la **Tabla 8.43**, se señalan las coordenadas del transecto en donde se realizó la observación.

Tabla 8.43. Coordenadas del transecto para aves.

Transecto	Coordenadas UTM XY		Longitud aproximada de cada transecto
	Inicial	Final	
1	517791, 2336444	517872, 2336406	100 metros

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

Anfibios y reptiles

Para el registro de anfibios y reptiles de la zona, se empleó el método de búsqueda generalizada que consiste en recorrer la zona de estudio en un tiempo determinado revisando acumulaciones de hojarasca, troncos, piedras, así como los arbustos de denso follaje del área, teniendo como ayuda el uso de guías de campo de anfibios y reptiles de la región. (Anfibios y reptiles de Sian ka'an 2008). El muestreo se efectuó sobre el mismo transecto existente durante 3 días y se llevó a cabo en dos diferentes horarios con el fin de registrar especies diurnas y nocturnas, los recorridos se efectuaron a partir de las 7:00 a.m. a 9:00 a.m.; y 7:00 p.m. a 9:00 p.m. Los registros se efectuaron por medio de registros visuales, búsqueda directa y la utilización de los ganchos herpetológicos. Para el caso de anfibios se incluyó el registro auditivo, ya que estos tienen un canto característico.

Mamíferos

Para el caso de los mamíferos se realizaron recorridos y monitoreos puntuales a lo largo del transecto durante tres días y se registraron las observaciones directas las cuales incluyen: animales vistos, escuchados u oídos, así como observaciones indirectas como son: huellas, excretas, rascaderos, comederos, etc. (Gates, 1983). Adicionalmente se instaló una serie de trampas de las denominadas Sherman (6 en total) y Tomahawk (3 en total) con la intención de capturar roedores y mamíferos de talla chica y mediana, además de recopilar una amplia información de la fauna existente a través de la entrevista con trabajadores cercanos al proyecto. También se emplearon binoculares cámara fotográfica y guías de campo ilustradas de reptiles, aves y mamíferos de la península de Yucatán (guía completa 2008). De esta manera, se monitorearon para conocer la preferencia de las especies. En el caso de las huellas, estas fueron medidas y comparadas con un manual de identificación (huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México 2000).

Se contó con GPS Garmin 60 empleando el Datum WGS-84 para documentar la posición geográfica de los diferentes transectos.

Tular (Humedal con pastizal (zacate cortadera, Typha y Carrizo) asociado a mangle disperso)

Las metodologías empleadas fueron las mismas que se describieron en el apartado anterior 8.6.13.1.1. En la **Tabla 8.44**, se presenta la tabla de coordenadas para los sitios de muestreo.

Tabla 8.44. Relación de coordenadas para las especies de fauna en el tular dentro de la unidad hidrológica forestal.

Ubicación	Coordenadas UTM Sherman		Coordenadas UTM Tomahawk	
	X	Y	X	Y
1	518013	2336376	518013	2336376
2	518060	2336469	518343	2337025
3	518343	2337025	519065	2337718
4	518400	2337110		
5	519065	2337718		
6	519023	2337589		

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

8.6.14.1.2 Especies de fauna en el área sujeta a cambio de uso de suelo

Selva baja subperennifolia

La metodología empleada para determinar las especies, diversidad y abundancia de la fauna en el área sujeta a cambio de uso de suelo es la misma que se señaló en el apartado **8.6.13.1.1**.

En la **Tabla 8.45**, se presentan las coordenadas de ubicación de los transectos de muestreo para los diferentes grupos de fauna.

Tabla 8.45. Relación de coordenadas por transecto en el área sujeta a cambio de uso de suelo.

Transectos	Coordenadas UTM XY		Longitud aproximada del transecto
	Inicial	Final	
1	517790, 2336490	517886, 2336485	100 metros

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

Para el caso de los mamíferos, se realizaron recorridos y monitoreos puntuales a lo largo del transecto durante 3 días y se registraron las observaciones directas las cuales incluyen: animales vistos, escuchados u oídos, así como observaciones indirectas como son: huellas, excretas, rascaderos, comederos, etc. (Gates, 1983). Adicionalmente se instaló una serie de trampas de las denominadas Sherman (5 en total, dos en cada sitio de muestreo) y Tomahawk (2 en total) con la intención de capturar roedores y mamíferos de talla chica y mediana, además de recopilar una amplia información de la fauna existente a través de la entrevista con los trabajadores del proyecto. También se emplearon binoculares cámara fotográfica y guías de campo ilustradas de reptiles, aves y mamíferos de la península de Yucatán (guía completa 2008). De esta manera, se monitorearon para conocer la preferencia de las especies. En el caso de las huellas, estas fueron medidas y comparadas con un manual de identificación (huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México 2000).

Se contó con GPS Garmin 60 empleando el Datum WGS-84 para documentar la posición geográfica de los diferentes transectos.

Fauna presente en el humedal de la zona de influencia indirecta del Proyecto

A continuación, en la **Tabla 8.46**, se presenta la relación de coordenadas de los transectos de muestreo.

Las metodologías empleadas para su identificación y procesamiento de datos corresponden con las descritas en apartados anteriores.

Tabla 8.46. Relación de coordenadas por transectos.

Transectos	Coordenadas UTM XY		Longitud aproximada de cada transecto
	Inicial	Final	
1	518130, 2336750	518184, 2336839	100 metros
2	518348, 2337131	518412, 2337720	100 metros
3	518699, 2337608	518797, 2337657	100 metros

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

8.6.15 Evaluación de los impactos ambientales

Se aplicaron técnicas probadas y comunes para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que podrá ocasionar el Proyecto en su zona de influencia. Estas técnicas son: i) análisis por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ii) listas de chequeo, iii) matrices de interacción y iv) juicio de expertos (**Tabla 8.47**).

El uso combinado de técnicas hace posible un análisis equilibrado entre la percepción subjetiva y el análisis cuantitativo de la evaluación. Asimismo, permite profundizar en el conocimiento del sitio donde se realizará el proyecto e identificar las áreas de influencia directa e indirecta del mismo, necesarias para el análisis de los impactos ambientales.

Por medio del análisis de los SIG fue posible evaluar de forma cuantitativa los impactos ambientales y generar información suficiente para la identificación de los impactos de mayor extensión que pudieran representar riesgos importantes; mientras que a través de las listas de chequeo y las matrices de interacción se identificaron los impactos más significativos, así como sus fuentes generadoras. El juicio de expertos permitió dimensionar los impactos identificados por las otras metodologías para evitar la subestimación o sobrestimación de los mismos.

Tabla 8.47. Técnicas utilizadas para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente serán generados por el Proyecto.

Técnica	Alcances
Análisis de cartografía temática y uso de sistema de información geográfica.	La cartografía, las fotografías aéreas y las imágenes de satélite son herramientas metodológicas muy útiles para la evaluación de impactos ambientales (EIA), permiten analizar diferentes parámetros o atributos ambientales (geología, hidrología, tipos de vegetación, asentamientos humanos y actividades económicas, entre otros) de áreas geográficas a diferentes niveles o escalas de información (Zárate et al., 1996). La sobreposición de esta información, más la correspondiente al proyecto

Técnica		Alcances
		propuesto, produce una caracterización compuesta de un ambiente en el que se pueden evaluar cuantitativa y espacialmente impactos directos, así como la simulación de escenarios y riesgos ambientales (Zárate et al, 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Listas de chequeo	de	Estas técnicas se basan en la elaboración de un listado específico de componentes ambientales, agentes de impacto o etapas del proyecto (Canter, 1977; MOPU, 1982; Westman, 1985; Jain et al., 1993; Smith, 1993). Son métodos que se emplean para la identificación de impactos y preliminarmente para la evaluación de los mismos, bajo la consideración de ciertos criterios o escalas (p. ej. de magnitud e importancia). La principal desventaja de estas técnicas es que no permiten definir o establecer las relaciones causa-efecto entre el proyecto y el medio ambiente, tampoco la identificación y evaluación de efectos sinérgicos (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Matrices de interacción	de	Las matrices son métodos cualitativos que permiten evaluar las relaciones directas causa-efecto y el grado de interacción que puede existir entre las acciones de un proyecto y los componentes ambientales involucrados en el mismo. Las matrices de interacción son herramientas valiosas para la EIA, ya que permiten no sólo identificar y evaluar los impactos producidos por un proyecto, sino valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto y determinar las necesidades de la información para la evaluación y la organización de la misma. Sin embargo, el uso de estas técnicas presenta algunas desventajas que es importante considerar: a) las matrices con muchas interacciones son difíciles de manejar, b) no consideran impactos secundarios o de orden mayor e impactos sinérgicos y acumulativos, c) para la valoración de cada impacto identificado es asignado un mismo peso en términos de los atributos ambientales definidos (p. ej. magnitud e importancia) y d) los valores asignados a los atributos ambientales generalmente son definidos en escalas o valores relativos, por lo que es recomendable sustentarlos con el uso de índices o indicadores ecológicos, económicos, o normas técnicas (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Juicio de expertos	de	Identificación y dimensionamiento de impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos con base en la experiencia y juicio de especialistas y evaluadores.

8.6.16 Listado general de especies presentes en el área de estudio

De manera integral, en las tablas a continuación (**Tabla 8.48**), se presentan los listados de especies que fueron reconocidas en los diferentes estudios enfocados a la biota acuática.

Tabla 8.48. Listado de especies y abundancia relativa de la biota acuática, por tipo de ambiente.
Rangos de abundancia: D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	Ar	Fa	PHw	Pmix	PTt	Ttp
Angiospermas								
Hydrocharitaceae	<i>Thalassia</i>	<i>testudinum</i>	E		E	D	D	A
Cymodoceaceae	<i>Halodule</i>	<i>wrightii</i>		E	D	D	E	
No. de especies			0	1	2	2	2	1
División	Género	Especie	Ar	Fa	PHw	Pmix	PTt	Ttp
Algas								
Chlorophyta	<i>Acetabularia</i>	<i>crenulata</i>			A	D	A	
	<i>Caulerpa</i>	<i>prolifera</i>					C	
		<i>sertularioides</i>			C			
	<i>Dasycladus</i>	<i>vermicularis</i>			E	A	E	
	<i>Halimeda</i>	<i>incrassata</i>	D		D	D	D	
	<i>Penicillus</i>	<i>capitatus</i>					E	
	<i>Rhipilia</i>	<i>tomentosa</i>				E		
<i>Udotea</i>	<i>fibrosa</i>			A	E	A		
Rhodophyta	<i>Laurencia</i>	<i>papillosa</i>				R		
	<i>Liagora</i>	<i>sp.</i>				E		
No. de especies			1	0	5	7	6	0
Familia	Género	Especie	Ar	Fa	PHw	Pmix	PTt	Ttp
Peces								
Gerreidae	<i>Eucinostomus</i>	<i>melanopterus</i>				D		
	<i>Gerres</i>	<i>cinereus</i>			D	D		D
Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>flavolineatum</i>			A			
Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>bivittatus</i>					D	
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides</i>	<i>testudineus</i>				A	D	
Urotrygonidae	<i>Urobatis</i>	<i>jamaicensis</i>				A		
No. de especies			0	0	2	4	2	1
Moluscos								
Arcidae	<i>Barbatia</i>	<i>cancellaria</i>			A	C	E	
Buccinidae	<i>Busycon</i>	<i>spiratum</i>					E	
Bullidae	<i>Bulla</i>	<i>striata</i>		D	D	C	E	A
Cerithiidae	<i>Bitium</i>	<i>alternatum</i>				E		A
	<i>Cerithium</i>	<i>litteratum</i>		D		A	D	D
Columbellidae	<i>Columbella</i>	<i>mercatoria</i>				E	E	
Fissurellidae	<i>Diodora</i>	<i>cayenensis</i>					C	E
Lucinidae	<i>Codakia</i>	<i>orbicularis</i>					E	
Marginellidae	<i>Prunum</i>	<i>apicinum</i>				E		E
Mitridae	<i>Mitra</i>	<i>nodulosa</i>				E	C	C
Modulidae	<i>Modulus</i>	<i>modulus</i>				E	E	
Neritidae	<i>Neritina</i>	<i>virginea</i>		D		E		
Phasianellidae	<i>Tricolia</i>	<i>affinis</i>				E		
Tellinidae	<i>Tellina</i>	<i>lineata</i>		D	D	D	D	E
Trochidae	<i>Tegula</i>	<i>fasciata</i>				E	E	
Turbinidae	<i>Astraea</i>	<i>americana</i>				C	C	
Veneridae	<i>Anomalocardia</i>	<i>aubermaniana</i>				E	E	A
	<i>Chione</i>	<i>cancellata</i>				D	A	A

Familia	Género	Especie	Ar	Fa	PHw	Pmix	PTt	Ttp
Vitrinellidae	<i>Vitrinella</i>	<i>helicoidea</i>				E	E	E
No. de especies			0	4	3	16	15	10
Familia	Género	Especie	Ar	Fa	PHw	Pmix	PTt	Ttp
Eponjas								
Agelasidae	<i>Agelas</i>	<i>sp</i>			D	D	D	
Chalinidae	<i>Haliclona</i>	<i>sp</i>				D		
Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>etheria</i>			D	D	D	
No. de especies				0	2	3	2	0
Familia	Género	Especie	Ar	Fa	PHw	Pmix	PTt	Ttp
Otros invertebrados								
	<i>Callinectes</i>	<i>sp</i>						
	<i>Panopeus</i>	<i>occidentalis</i>						
	<i>Amphibalanus</i>	<i>amphitrite</i>						

Fuente: (Caracterización de la biota en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021).

A continuación, en la **Tabla 8.49**, se presenta el listado de especies de flora identificadas.

Tabla 8.49. Listado de especies vegetales identificados en la zona de estudio.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Selva – estrato arbóreo				
Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae	X	X
Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	X	X
Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbanaceae	X	X
Bumelia	<i>Bumelia obtusifolia</i>	Zapotaceae	X	
Ciricote	<i>Cordia dodecandra</i>	Boraginaceae	X	
Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotaceae	X	X
Tzalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Fabaceae	X	X
Ramón blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	X	X
Bolchiche	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Poligonaceae	X	
Chukum	<i>Havardia albicans</i>	Fabaceae	X	X
Verde lucero	<i>Pithecellobium mangense</i>	Fabaceae	X	
Boichich	<i>Coccoloba spicata</i>	Poligonaceae	X	
Alamo	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae	X	X
Chacni	<i>Calyptanthus pallens</i>	Mirtaceae	X	
Sacpa	<i>Byrsonima bucidifolia</i>	Malpigiaceae	X	X
Guayancox	<i>Exothea diphylla</i>	Sapindaceae	X	X
Eculub	<i>Drypetes lateriflora</i>	Euphorbiaceae	X	
Kanazin	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Fabaceae	X	
Caracolillo	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Zapotaceae	X	X

Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Kitanche	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Leguminosae	X	
Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae	X	X
Maculis	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae		X
Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	Hippocrataceae		X
Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Selva – estrato arbustivo				
Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae	X	X
Akitz	<i>Cascabela gaumeri</i>	Apocynaceae	X	X
Mahahua	<i>Hampea trilobata</i>	Malvaceae	X	
Nakax	<i>Coccothrinax readii</i>	Arecaceae	X	
Guano blanco	<i>Sabal yapa</i>	Arecaceae	X	X
Katzin	<i>Acacia riparia</i>	Fabaceae	X	
Pata de vaca	<i>Bauhinia divaricata</i>	Fabaceae	X	
Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Selva – estrato herbáceo				
Piper	<i>Piper amalago</i>	Piperaceae	X	
Anturium	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Araceae	X	
Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Acanthaceae	X	X
Tripa del diablo	<i>Selenicereus donkelaarii</i>	Cactaceae	X	
Sac ak	<i>Cydista potosina</i>	Bignoniaceae	X	
Maguey morado	<i>Rhoeo discolor</i>	Commelinaceae	X	X
Chaya	<i>Cnidoscolus multilobus</i>	Euphorbiaceae	X	
Agave	<i>Agave angustifolia</i>	Agavaceae	X	
Cocolmeca	<i>Smilax mollis</i>	Smilacaceae	X	X
Bejuco morinda	<i>Morinda royoc</i>	Rubiaceae		X
Xnantus	<i>Xnantus</i>	Poaceae		X
Yax ak	<i>Arrabidaea podopogon</i>	Bignoniaceae		X
Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Humedal – estrato arbóreo				
Chaca	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	X	
Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae	X	X
Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotaceae	X	
Jabin	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae	X	X
Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	Combretaceae	X	X
Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	Combretaceae	X	X
Mangle negro	<i>Avicennia germinans</i>	Verbenaceae	X	
Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	Rhizophoraceae	X	X
Alamo	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae		X

Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Higo	<i>Ficus maxima</i>	Moraceae		X
Tadzi	<i>Neea psychotrioides</i>	Hippocrataceae		X
Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Humedal – estrato arbustivo				
Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae	X	X
Dzidzilche	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Polygonaceae	X	
Tasiste	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	Arecaceae	X	X
Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Humedal – estrato herbáceo				
Amarum	<i>Panicum amarum</i>	Poaceae	X	
Cortadera	<i>Cladium jamaicense</i>	Cyperaceae	X	X
Carrizo	<i>Phragmites communis</i>	Poaceae	X	X
Elocharis	<i>Eleocharis cellulosa</i>	Cyperaceae	X	X
Helecho de manglar	<i>Acrostichum danaefolium</i>	Polypodiaceae	X	X
Julub	<i>Bravaisia tubiflora</i>	Acanthaceae	X	X
Pasto salado	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae	X	
Tomatillo	<i>Solanum hirtum</i>	Solanaceae	X	X
Nombre común	Nombre científico	Familia	Cuenca	Predio
Typha	<i>Typha domingensis</i>	Typhaceae	X	X
Tulipan	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvaceae	X	X
Xiat	<i>Chamaedorea seifrizii</i>	Arecaceae	X	

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021).

A continuación, en la **Tabla 8.50**, se presenta el listado de especies de fauna identificadas en la zona de estudio.

Tabla 8.50. Listado de especies de fauna, comparativa entre la cuenca – predio.

Familia	N. Común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Selva				
Aves				
Icteridae	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	X	X
Ardeidae	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	X	X
Ardeidae	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	X	X
Ardeidae	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	X	X
Ardeidae	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	X	X
Familia	N. Común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Parulidae	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>	X	X
Fregatidae	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	X	X
Cathartidae	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	X	X

Familia	N. Común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Recurvirostridae	Monjita americana	<i>Himantopus mexicanus</i>	X	
Cracidae	Cachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	X	X
Tyannidae	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	X	X
Parulidae	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>	X	
Corvidae	Chara verde	<i>Cyanocorax yncas</i>	X	
Corvidae	Chara yucateca	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	X	
Corvidae	Chara pea	<i>Psilorhinus morio</i>	X	
Icteridae	Tordo cantor	<i>Dives dives</i>	X	
Icteridae	Calandria cola amarilla	<i>Icterus mesomelas</i>	X	
Columbidae	Paloma arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>	X	
Cuculidae	Garrapatero	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	X	
Caprimulgidae	Chotacabra paureque	<i>Nyctidromus albicollis</i>	X	
Trogonidae	Trogon cabeza negra	<i>Trogon melanocephalus</i>	X	
Trochilidae	Colibrí vientre canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>	X	
Tityridae	Cabezón degollado	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	X	
Vireonidae	víreo ojos grises	<i>Vireo griseus</i>	X	
Thraupidae	Semillero de collar	<i>Sporophila torqueola</i>	X	
Mimidae	Cenzontle	<i>Mimus gilvus</i>	X	
Picidae	Carpintero cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	X	
Icteridae	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	X	X
Familia	N. Común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Mamíferos				
Cervidae	Temazate rojo	<i>Mazama temama</i>	X	X
Canidae	Perro común	<i>Canis lupus familiaris</i>	X	X
Dasyproctidae	Agutí centroamericano	<i>Dasyprocta punctata</i>	X	
Procyonidae	Tejon	<i>Nasua narica</i>	X	X
Procyonidae	Mapache	<i>Procyon lotor</i>	X	X
Familia	N. Común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Reptiles				
Corytophanidae	Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	X	X
Iguanidae	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	X	X
Scincidae	Eslizón yucateco	<i>Mesoscincus schwartzei</i>	X	
Polychrotidae	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	X	X
Kinosternidae	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	X	X

Familia	N. Común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Colubridae	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	X	X
Viperidae	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	X	X
Familia	N. Común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Anfibios				
Leptodactylidae	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	X	X
Microhylidae	Rana termitera	<i>Hypopachus variolosus</i>	X	
Hylidae	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	X	X
Familia	N. Común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Humedal				
Aves				
Familia	Nombre común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Icteridae	Zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>	x	x
Ardeidae	Avetoro neotropical	<i>Botaurus pinnatus</i>	x	x
Ardeidae	Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	x	x
Ardeidae	Garza morena	<i>Ardea herodias</i>	x	x
Ardeidae	Garcita verde	<i>Butorides virescens</i>	x	x
Parulidae	Chipe suelero	<i>Seiurus aurocapilla</i>	x	x
Fregatidae	Fregata tijerilla	<i>Fregata magnificens</i>	x	x
Cathartidae	Zopilote cabeza roja	<i>Cathartes aura</i>	x	x
Recurvirostridae	Monjita americana	<i>Himantopus mexicanus</i>	x	x
Cracidae	Cachalaca	<i>Ortalis Vetula</i>	x	x
Tyannidae	Luis bienteveo	<i>Pitangus sulfuratus</i>	x	x
Familia	N. Común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Parulidae	Chipe manglero	<i>Setophaga petechia</i>	x	x
	Gallineta frente roja	<i>Gallinula galeata</i>	x	x
Corvidae	Chara verde	<i>Cyanocorax yncas</i>	x	
Corvidae	Chara yucateca	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	x	
Corvidae	Chara pea	<i>Psilorhinus morio</i>	x	
Icteridae	Tordo cantor	<i>Dives dives</i>	x	
Icteridae	Calandria cola amarilla	<i>Icterus mesomelas</i>	x	
Columbidae	Paloma arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>	x	
Cuculidae	Garrapatero	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	x	
Caprimulgidae	Chotacabra paureque	<i>Nyctidromus albicollis</i>	x	
Trogonidae	Trogon cabeza negra	<i>Trogon melanocephalus</i>	x	
Trochilidae	Colibrí vientre canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>	x	
Tityridae	Cabezón degollado	<i>Pachyrhamphus aglaiae</i>	x	
Vireonidae	Víreo ojos grises	<i>Vireo griseus</i>	x	
Thraupidae	Semillero de collar	<i>Sporophila torqueola</i>	x	

Familia	N. Común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Mimidae	Cenzontle	<i>Mimus gilvus</i>	x	
Picidae	Carpintero cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	x	
Icteridae	Calandria dorso negro mayor	<i>Icterus gularis</i>	x	x
Mamíferos				
Familia	Nombre común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Canidae	Perro común	<i>Canis lupus familiaris</i>	x	
Dasyproctidae	Agutí centroamericano	<i>Dasyprocta punctata</i>	x	
Procyonidae	Tejón	<i>Nasua narica</i>	x	x
Procyonidae	Mapache	<i>Procyon lotor</i>	x	x
Reptiles				
Familia	Nombre común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Corytophanidae	Toloque rayado	<i>Basiliiscus vittatus</i>	x	x
Iguanidae	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>	x	x
Scincidae	Eslizón yucateco	<i>Mesoscincus schwartzei</i>	x	
Polychrotidae	Abaniquillo pardo del caribe	<i>Anolis sagrei</i>	x	x
Kinosternidae	Tortuga Pecho Quebrado Escorpión.	<i>Kinosternon scorpioides</i>	x	x
Colubridae	Culebra Bejuquilla mexicana	<i>Oxybelis aeneus</i>	x	x
Viperidae	Nauyaca	<i>Bothrops asper</i>	x	x
Anfibios				
Familia	Nombre común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Leptodactylidae	Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	x	x
Microhylidae	Rana termitera	<i>Hypopachus variolosus</i>	x	
Familia	Nombre común	Nombre Científico	Cuenca	Predio
Hylidae	Rana arbórea	<i>Agalychnis callidryas</i>	x	x

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021)

8.6.17 Listado de especies sujetas a protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010

A continuación, en la **Tabla 8.51**, se presenta la lista de especies vegetales que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en alguna categoría de riesgo y en la **Tabla 8.52**, se presenta la lista de especies de fauna reconocidas en esta norma.

Tabla 8.51. Especies vegetales que pertenecen con alguna categoría de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

NOM-059-SEMARNAT-2010					
#	Nombre común	Nombre científico	Protección especial	Amenazada	Riesgo

1	Hierba de tortuga	<i>Thalassia testudinum</i>	X		
2*	Pasto del manatí	<i>Syringodium filiforme</i>			X
3	Palma chit	<i>Thrinax radiata</i>		X	
4	Palma Nakas	<i>Coccothrinax readii</i>		X	
5	Mangle blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>		X	
6	Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>		X	
7	Mangle negro	<i>Avicennia germinans</i>		X	
8	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>		X	

*Presente en el SAR.

Fuente: (Caracterización de la biota en el Sistema Lagunar Nichupté, 2021),

Tabla 8.52. Especies animales con alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

NOM-059-SEMARNAT-2010					
#	Nombre común	Nombre científico	Protección especial	Amenazada	Riesgo
1	Tortuga pecho quebrado Escorpión	<i>Kinosternon scorpioides</i>	X		
2	Iguana rayada	<i>Ctenosaura similis</i>		X	
3*	Cocodrilo de pantano	<i>Crocodylus moreletii</i>	X		
4*	Cocodrilo de río	<i>Crocodylus acutus</i>	X		

*No observados durante los estudios, registrados para el SAR.

Fuente: (Estudio Técnico Justificativo, 2021), NOM-059-SEMARNAT-2010.

8.7 CONCLUSIONES

Las anteriores metodologías están asociadas con los resultados que fueron descritos a lo largo de los capítulos de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional. De igual manera es posible consultar todos los detalles de las metodologías que fueron empleadas para la obtención de la información y resultados requeridos para los diferentes estudios incluidos en el capítulo 4.

8.8 ANEXOS

A continuación, se presenta la relación de los anexos documentales incluidos en los diferentes capítulos. Para facilitar su lectura y guardado en las versiones electrónicas, se acortó el nombre original de los archivos.

8.8.1 Anexos documentales

Anexo	Nombre abreviado	Nombre completo
-------	------------------	-----------------

1.1	Constitución de promovente	Decreto Número: 080 por el que se Reforman y Adicionan Diversas Disposiciones de la Ley del Patrimonio del Estado de Quintana Roo
1.2	RFC	Federal de Contribuyentes del Promovente
1.3	Facultades del representante	Nombramiento 655/2016 del Poder Ejecutivo del Gobierno del Estado de Quintana Roo
1.4	Identificación del representante	Identificación del representante
1.5	RFC responsable EIA	RFC Consultores en Gestión, Política y Planificación Ambiental, Sociedad Civil
1.6	CURP responsables técnicos	CURP responsables técnicos
1.7	Cédula responsables técnicos	Cédula de los responsables técnicos
2.1a	Opinión CENAPRED-0255	Opinión sobre el proyecto Puente Vehicular Nichupté
2.1b	Opinión CENAPRED-0329	Opinión sobre el proyecto Puente Vehicular Nichupté
2.2	Coordenadas UTM	Coordenadas UTM del SAR y Proyecto
2.3	Evacuación Kukulcán	Análisis de la evacuación del tránsito de la zona turística del Boulevard Kukulcán, Cancún, QR
4.1	Informe de fotografía aérea	Informe del procesamiento fotogramétrico de imágenes aéreas digitales
4.2	Informe de caracterización hidrológica	Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté
4.3	Caracterización hidrogeológica	Caracterización y diagnóstico hidrogeológico del Sistema Lagunar Nichupté
4.4	Prospección geofísica	Prospección geofísica del Sistema Lagunar Nichupté
4.5	Hidrodinámica	Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté
4.6	Diagnóstico Ambiental del Agua	Diagnóstico ambiental del agua
4.7	Hidrocarburos y metales	Hidrocarburos y metales selectos en el Sistema Lagunar Nichupté
4.8	Caracterización de biota acuática	Caracterización y diagnóstico ambiental de tipos de fondos y fauna asociada (necton y bentos) del Sistema Lagunar Nichupté
4.9	Caracterización de pastos marinos	Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos

4.10	Caracterización del manglar	Informe técnico sobre la estructura y condición de ecosistemas de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté Bojórquez
4.11	Emisiones CO2	Estimación de la reducción de emisiones de CO2 en la zona de influencia directa del proyecto “Puente Vehicular Nichupté”.
4.12	Opinión SEMARNAT	Opinión de viabilidad para el proyecto “Puente Vehicular Nichupté”.
4.13	Opinión SMEy DU	Opinión de viabilidad para el proyecto “Puente Vehicular Nichupté”.
5.1	Matriz impactos	Matriz de evaluación de impactos
6.1	PRMAAM	Programa de Rehabilitación y Mejoramiento Ambiental de Áreas de Manglar

8.8.2 Anexo cartográfico

El listado a continuación, a los mapas presentados en formato JPG a los nombres de los archivos presentados en formato .jpg, .shp y .kmz

8.8.2.1 Mapas

8.8.2.1.1 JPG

1. Acuerdo Destino_Trazo_Puente Nichupte
2. AICAS_Puente Nichupte
3. ANP_Estatal_Puente Nichupte
4. ANP_Federal_Puente Nichupte
5. ANP_Puente Nichupte
6. ANP Subzonificación_Puente Nichupte
7. ANP Subzonificación_ZH_Puente Nichupte
8. Áreas Compensación 306 ha_Puente Nichupte
9. Batimetría_ZIA_Puente
10. Batimetría_ZID_SAR_Puente Nichupte
11. Clima_Puente Nichupte
12. Condición Manglar_ZIA_SAR_Herrera_Puente Nichupte
13. CUS_Puente Nichupte
14. Edafología_Puente Nichupté
15. F1_Edificio Administrativo_Puente Nichupte

16. F1_Terraplen_Puente Nichupte
17. F3_Sistema Top-down_Puente Nichupte
18. F4_Barcazas_jack_ups_Puente Nichupte
19. F5_Terraplen_Puente Nichupte
20. Foto Aérea_Puente Nichupte
21. Geología_Puente Nichupte
22. Localización_Puente Nichupte
23. Parque Cancún_Puente Nichupte
24. Patio Maniobras_Puente Nichupte
25. Patio Maniobras_Vertices_Puente Nichupte
26. PMDU_2018_30_RefDistrito 2_Puente Nichupte
27. PMDU_2018_30_RefDistrito 8b_Puente Nichupte
28. POEGT_Peunte Nichupte
29. POEMRGMMC_Puente Nichupte
30. Ramsar_Puente Nichupte
31. Retrospectivo_1972_SAR_Puente Nichupte
32. Retrospectivo 1985_SAR_Puente Nichupte
33. Retrospectivo 2008_SAR_Puente Nichupte
34. Retrospectivo 2016_SAR_Puente Nichupte
35. RHP_Puente Nichupte
36. Rutas_Patio Maniobras_Peunte Nichupte
37. SAR+ZID+ZII_Puente Ncihupte
38. SAR+ZII_Puente Nichupte
39. Sitio Prioritario Manglar_Puente Nichupte
40. Sn Buenaventura_Puente Nichupte
41. SPT_Puente Nichupte
42. Temporales_Puente Nichupte
43. Trazo_SAR_Puente Nichupte
44. Trazo_Unidades Naturales_SAR_Puente Nichupte
45. Trazo_USyV_Ambientes_ZII_Puente Nichupte
46. Trazo_USyV_SAR_Puente Nichupte
47. Trazo_ZH_USyV_Ambientes_ZII_Puente Nichupte
48. Unidades Naturales_SAR_Puente Nichupte

49. ZID_Condición Manglar_SAR_Herrera_Puente Nichupte

50. ZID_Puente Nichupte

8.8.2.2 Archivos vectoriales

8.8.2.2.1 Excel

Coordenadas del SAR y Proyecto

8.8.2.2.2 SHP

Parque Cancún_Polígono Puente Nichupte

Rutas_Puente Nichupte

Trazo MIA_Final 8 Oct_Puente Nichupte

USyV_SAR_Puente Nichupte Final_Multipart

Vértices_Patio Maniobras Polígono_Puente Nichupte

Vértices_Pilas_Trazo MIA_Final 9 Sept_Puente Nichupte

ZII_Puente Nichupte

8.8.2.2.3 KMZ

Manglar_Distribución Condición_SAR_Puente Nichupte

Polígono_SAR_Puente Nichupte

Polígono_SAR_Unidades_Puente

Rodales_Final_Diciembre_Puente Nichupte

Trazo MIA_Final 8 Oct_Puente Nichupte

Unidades Sistema_USyV_SAR_Puente Nichupte Final

USyV_Ambientes_AGEPRO_GPPA_Reyes_ZII

ZID_Final 8 Oct_Puente Nichupte

ZII_Puente Nichupte

8.9 LITERATURA CONSULTADA

8.9.1 Capítulo 3

CITES. (03 de 03 de 1973). *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres*. Obtenido de <https://www.cites.org/esp/disc/text.php>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (13 de 06 de 1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Obtenido de https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/implementacion_cbd_mex

Diario Oficial de la Federación. (1 de 09 de 1998). *Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales Y Culturales "Protocolo de San Salvador"*. Obtenido de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/TratInt/Derechos%20Humanos/PI2.pdf>

Diario Oficial de la Federación. (21 de 08 de 1991). *Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar*. Obtenido de https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3668/1/reglamento__zofemat.pdf

Diario Oficial de la Federación. (16 de 02 de 2008). *ACUERDO por el que se da a conocer el Resumen del Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté*. Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=5030443&fecha=26/02/2008&cod_diar io=213118

Diario Oficial de la Federación. (07 de 09 de 2012). *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poetg>

Diario Oficial de la Federación. (24 de 11 de 2012). *Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/programa-de-ordenamiento-ecologico-marino-y-regional-del-golfo-de-mexico-y-el-caribe#:~:text=El%20Programa%20de%20Ordenamiento%20Ecol%C3%B3gico,actividades%20productivas%20bajo%20principios%20de>

Diario Oficial de la Federación. (09 de 05 de 2014). *Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGVS.pdf

Diario Oficial de la Federación. (31 de 10 de 2014). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf

Diario Oficial de la Federación. (31 de 10 de 2014). *Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGPGIR_311014.pdf

Diario Oficial de la Federación. (22 de 01 de 2015). *Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté*. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5379206

Diario Oficial de la Federación. (19 de 01 de 2018). *Ley General de Bienes Nacionales*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/267_190118.pdf

Diario Oficial de la Federación. (13 de 07 de 2018). *Ley General de Cambio Climático*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130718.pdf

Diario Oficial de la Federación. (05 de 06 de 2018). *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS_260421.pdf

Diario Oficial de la Federación. (19 de 01 de 2018). *Ley General de Vida Silvestre*. Obtenido de https://www.senado.gob.mx/comisiones/medio_ambiente/docs/LGVS.pdf

Diario Oficial de la Federación. (05 de 06 de 2018). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf

Diario Oficial de la Federación. (05 de 06 de 2018). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf

Diario Oficial de la Federación. (12 de 07 de 2019). *Plan Nacional de Desarrollo*. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019

Diario Oficial de la Federación. (06 de 01 de 2020). *Ley de Aguas Nacionales*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf

Diario Oficial de la Federación. (13 de 04 de 2020). *Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LVZMM_130420.pdf

Diario Oficial de la Federación. (07 de 07 de 2020). *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024*. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020

Diario Oficial de la Federación. (22 de 11 de 2021). *ACUERDO por el que se instruye a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal a realizar las acciones que se indican, en relación con los proyectos y obras del Gobierno de México considerados de interés público y seguridad nacional...* Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5635985&fecha=22/11/2021

Diario Oficial de la Federación. (20 de 05 de 2021). *Ley Federal de Responsabilidad Ambiental*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFRA_200521.pdf

Diario Oficial de la Federación. (18 de 01 de 2021). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf

Organización de la Naciones Unidas. (13 de 06 de 1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Obtenido de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Organización de la Naciones Unidas. (14 de 06 de 1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Obtenido de <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

Organización de la Naciones Unidas. (25 de 09 de 2015). *Agenda 2030*. Obtenido de <https://www.onu.org.mx/agenda-2030/>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (1975). *Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como*

Hábitat de Aves Acuáticas. Obtenido de https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_s.pdf

POEQROO. (15 de 02 de 2011). *Reglamento de LEEPA del Estado de Quintana Roo en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.* Obtenido de <http://ppa.qroo.gob.mx/portal/MarcoJuridico.php>

POEQROO. (30 de 04 de 2013). *Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo.* Obtenido de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Quintana%20Roo/wo75640.pdf>

POEQROO. (27 de 02 de 2014). *Programa de Ordenamiento Local del municipio de Benito Juárez.*

POEQROO. (16 de 08 de 2018). *Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Quintana Roo.* Obtenido de <http://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L191-XV-16082018-741.pdf>

POEQROO. (17 de 04 de 2019). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018 -2030.* Obtenido de <http://segob.qroo.gob.mx/portalsegob/MicroBPO.php>

POEQROO. (26 de 08 de 2019). *Reglamento de Construcciones del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.* Obtenido de <https://transparencia.cancun.gob.mx/wp-content/uploads/transparencia/Contraloria%20Municipal/2021/Fracci%C3%B3n%20I.%20Marco%20Normativo/Segundo%20Trimestre/08-Reglamento%20de%20Construcci%C3%B3n%20para%20el%20Municipio%20de%20Benito%20Ju%C3%A1rez%2C%20Qu>

Universidad de Quintana Roo. (2013). *Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Quintana Roo.* Obtenido de http://www.ccpy.gob.mx/pdf/agenda-qroo/PEACC_2013_ESPAnOL.pdf

8.9.2 Capítulo 4

Aclarando. (1 de junio de 2010). Aclarando Word press. Obtenido de <https://aclarando.wordpress.com/2010/06/01/1970-1979-imagenes-de-cancun/>

Agencia de sustancias tóxicas y el registro de enfermedades. (s.f.). Resúmenes de Salud Pública - Estaño y compuestos de estaño. (D. o. Sciences, Editor) doi:https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs55.html#

AGEPRO - Rentabilidad social del Proyecto. (abril de 2021).

AGEPRO. (2021). Diseño del proyecto del Puente Vehicular Nichupté. Cancún.

Caracterización (ETJ), E. T. (2021). Ing. Reyes M. Medrano Jiménez. Cancún, Q. R.: Lleco Consultores-AGEPRO.

Caracterización de la vegetación y fauna. (2021). Reyes Martín Medrano. Cancún.

Caracterización hidrogeológica. (2021). Caracterización y diagnóstico hidrogeológico del Sistema Lagunar Nichupté. Mérida.

Collado Vides, L., & González-González, J. y. (Junio de 1995). Patrones de distribución ficoflorística en el sistema lagunar de Nichupté, Quintana Roo, México. Acta Botánica(31), 19-32. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57403102>

Collado-Vides, L. (1991). Estudio fisionómico-arquitectónico de las algas del sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo. Tesis de Doctorado. México, México: Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

CONABIO. (2010). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica Nichupté. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PY64_Nichupte_caracterizacion.pdf

CONABIO, INECOL. (Noviembre de 2009). Propuesta de extrapolación de una experiencia de restauración de humedales. Proyecto FH001. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/FH001_Anexo.pdf

Diagnóstico Ambiental del Agua. (2021). Diagnóstico Ambiental del Agua 2021. Informe técnico de la caracterización y diagnóstico ambiental de la calidad del agua, [REDACTED]

Diagnóstico ambiental del ecosistema de pastos marinos. (2021). [REDACTED].

Estudio de geofísica con tendidos sísmicos. (2021). Estudio geofísico mediante la técnica de Tendidos Sísmicos de Refracción Marina (TRSM) con la finalidad de caracterizar un trazo de vía en la laguna Nichupté en el estado de Quintana Roo.

Estudio de incidencia de radiación solar. (2021). Cancún.

Estudio geofísico. (2021). Estudio geofísico mediante la técnica de tendidos sísmicos de refracción marina. Cancún.

Febles Patrón José Luis, N. L. (septiembre de 2007). Efecto de factores abióticos en el desarrollo de raíces primarias, crecimiento y supervivencia de propágulos en *Rhizophora mangle*. *Madera y Bosques*, 13(2), 15-21. doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2007.1321226>

Garcés Ordoñez, O. y. (2016). Supervivencia de propágulos de *Rhizophora mangle* bajo tensores ambientales en el brazo calanala del río Ranchería, caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y costeras - INVERMAR*, 45(2), 345-353. Recuperado el 17 de 12 de 2021, de <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v45n2/0122-9761-mar-45-02-00345.pdf>

██████████ Términos de referencia para la elaboración de proyectos de desarrollo en zonas costeras.

Hidrodinámica. (2021). Hidrodinámica y dispersión en el Sistema Lagunar Nichupté. ██████████

Hoyos, G. R. (Septiembre de 2013). Respuesta de la regeneración natural en manglares del Golfo de Urabá (Colombia) a la variabilidad ambiental y climática intra-anual. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1445-1461. Recuperado el 17 de diciembre de 2021, de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000400035

IMTA. (2011). Restauración ecológica de la laguna de Bojórquez, Benito Juárez, Quintana Roo. Informe final, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Hidráulica. Subcoordinación de hidráulica ambiental. Subcoordinación de hidráulica urbana. Obtenido de <http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1309/HC-1110.2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INEGI. (2020). 2020 Censo de población y vivienda. Obtenido de <https://censo2020.mx/>

Informe de biota acuática. (2021). Caracterización y Diagnóstico ambiental de tipos de fondos y fauna asociada (Necton y Bentos) del SLN. Cancún.

Informe de caracterización de manglar. (2021). Informe técnico sobre la estructura y caracterización de ecosistemas de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté.

Informe de caracterización hidrogeológica. (2021). Caracterización y diagnóstico hidrogeológico del Sistema Lagunar Nichupté. [REDACTED]

Informe de caracterización hidrológica. (2021). Caracterización hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté. Cancún.

Informe de Caracterización Hidrológica. (2021). Informe de Caracterización Hidrológica del Sistema Lagunar Nichupté. IDEAS, S. A. de C. V., Juan Carlos Gonzáles Flores.

Informe de hidrocarburos y metales. (2021). Hidrocarburos y metales selectos en el Sistema Lagunar Nichupté. [REDACTED]

Informe de Prospección Geofísica. (2021). Informe de la prospección geofísica del Sistema Lagunar Nichupté. [REDACTED]

Informe de prospección geofísica. (2021). Prospección geofísica del Sistema Lagunar Nichupté. Cancún.

Instituto de Geografía, U. (1990). Atlas Nacional de México. Obtenido de https://geodigital.igg.unam.mx/atlas_nacional/index.html/

Jordán, E., De la Torre, R., & Angot, M. (Junio de 1977). Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. (U. N. México, Editor) Obtenido de <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/centro/1978-1/articulo41.html>

La Verdad - Balán, Angel. (25 de 09 de 2021). La Verdad. Obtenido de <https://laverdadnoticias.com/quintanaroo/Numero-de-cocodrilos-en-laguna-Nichupte-en-Cancun-a-la-baja-20210925-0183.html>

Lazcano-Barrero, M. G. (22 - 24 de Agosto de 2001). Memorias de la Primera reunión regional: Península de Yucatán. Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los Crocodylia de México. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/274382866_Memorias_de_la_Primer_Reunion_Regional_Peninsula_de_Yucatan_Proyecto_para_la_Conservacion_Manejo_y_Aprovechamiento_Sustentable_de_los_Crocodylia_de_Mexico

Medina, E. (1999). Mangrove physiology: the challenge of salt, heat, and light stress under recurrent flooding. En A. C. Instituto de Ecología, & A. y. Yáñez Arancibia (Ed.), Ecosistemas de manglar en América tropical. (págs. 109-126). Distrito Federal, México: NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. Recuperado el 17 de 12 de 2021, de https://www.academia.edu/17454302/Mangrove_Physiology_the_Challenge_of_Salt_Heat_and_Light_Stress_Under_Recurrent_Flooding

Naeem, S. et al. (1999). Biodiversity and Ecosystem Functioning: Maintaining Natural Life Support Processes. *Issues in Ecology*(4), 11 páginas.

ONCA Maya. (2014). Monitoreo y conservación de los cocodrilos de la Laguna Nichupté. Obtenido de https://iefectividad.conanp.gob.mx/iefectividad/PYyCM/APFF%20Manglares%20de%20Nichupte/VI.%20MANEJO/9.%20ESPECIES%20AMENAZADAS/_procodescoco2014.pdf

Pedrozo-Acuña, D., Posada-Vanegas, G., & Silva-Casarin, R. y. (2008). XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Modelación hidrodinámica del Sistema lagunar Nichupté, Cancún, México, (pág. 15). Cartagena de Indias, Colombia. Obtenido de https://www.academia.edu/23915041/Modelling_wind_and_tide_in_normal_conditions_for_the_Nichupte_lagoon_system?email_work_card=title

Pérez-Villegas, G. y. (2000). El desarrollo turístico en Cancún, Quintana Roo y sus consecuencias sobre la cubierta vegetal. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía* (43), 145-165. doi:<https://doi.org/10.14350/rig.59129>

Propuesta no solicitada - AGEPRO. (2019). Procesamiento fotogramétrico de .

Propuesta no solicitada - AGEPRO. (2020). Levantamiento de perfilador acústico y batimetría para el proyecto de puente en la Laguna Nichupté. Estudio de campo, Cancún.

Secretaría de Turismo, Quintana Roo. (Febrero de 2021). Quintana Roo ¿Cómo vamos en Turismo? Obtenido de <https://sedeturqroo.gob.mx/ARCHIVOS/COMO%20VAMOS%20FEBRERO%202021%20.pdf>

SER. (Octubre de 2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Obtenido de

https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf

SER. (Noviembre de 2019). Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica. Obtenido de https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/Spanish_SER_International_St.pdf

Vázquez, J. (19 de enero de 2021). Turismo de Quintana Roo, en niveles de hace una década. Obtenido de El Economista, Estados: <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Turismo-de-Q.-Roo-en-niveles-de-hace-una-decada-20210119-0143.html>

Villasuso, M. y. (2000). A Conceptual Model of the Aquifer of the Yucatan Peninsula. (L. P. W. Lutz, Ed.)

8.9.3 Capítulo 5

AGEPRO, 2020. Estimación de la reducción de emisiones de CO2 en la zona de influencia directa del proyecto “Puente Vehicular Nichupté”, Quintana Roo. Agencia de Proyectos Estratégicos del Estado de Quintana Roo. 27 p.

Alejandro Yáñez-Arancibia, John W. Day, Patricia Sánchez-Gil, Jason N. Day, Robert R. Lane, David Zárate-Lomelí, Héctor Alafita Vásquez, José L. Rojas-Galaviz, José Ramírez-Gordillo 2014. Ecosystem functioning: The basis for restoration and management of a tropical coastal lagoon, Pacific coast of Mexico. Elsevier. Ecological Engineering 65 (2014) 88–100. 13 p.

Atkinson, G. and D. Pearce. 1995. “Measuring sustainable development.” In: Bromley, D. W., (ed.) Handbook of Environmental Economics. Blackwell, Oxford, UK, pp. 166-182

Boyle, J., J. L Barnes and C. Bingham, 2016. Assessing Significance in Impact Assessment of Projects. International Association for Impact Assessment. FASTIPS No. 14 | November 2016.

Boyle, J., J. L Barnes and C. Bingham, 2016. Assessing Significance in Impact Assessment of Projects. International Association for Impact Assessment. FASTIPS No. 14 | November 2016.

Buchman, M. F., 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages.

Canter, L.W. (1997). Manual de la Evaluación de Impacto Ambiental. McGraw-Hill. Madrid.

Capitals Coalition, 2021. "Principles of Integrated Capitals Assessments". 22p. (Online) Available at: https://capitalscoalition.org/wp-content/uploads/2021/01/Principles_of_integrated_capitals_assessments_final.pdf

Descripción de obras y actividades consideradas para el desarrollo del proyecto Puente Vehicular Nichupté. Agencia de Proyectos Estratégicos. Gobierno del Estado de Quintana Roo.

Espinoza, G. 2001. Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo / Centro de Estudios para el Desarrollo. Santiago de Chile. 183 p.

Gómez-Orea, D. (2003). Evaluación de Impacto Ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. España: Ediciones Mundi-Prensa. 749 p.

GPPA S. C. (2006). Banco de datos zona costero-marina Unidad Punta Bete-Punta Maroma. Consultores en Gestión Política y Planificación Ambiental S. C. 320 p.

IAIA, 2017. Cumulative Effects Assessment. International Association for Impact Assessment. Fastips. No. 16, October 2015. 2p.

IAIA, 2018. Induced Impacts. International Association for Impact Assessment. Fastips. No. 17, October 2018. 2p.

IFC, 2015. Manual de buena práctica. Evaluación y gestión de impacto acumulativos: Guía para el Sector privado en Mercados Emergentes. International Finance Corporation. World Bank Group. 2121 Pennsylvania Ave.NW. Washington, DC. 20433. 104 p.

Jain, R. K., G. S. Stacey & H. E. Balbach. (1993). Environmental assessment. New York: McGraw-Hill.

Jansson, A., M. Hammer, C. Folke, and R. Costanza (eds.) 1994. Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach To Sustainability. Island Press: Washington, DC

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. (1982). Guía para la elaboración de estudios del medioambiente físico. Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Madrid. 572 p.

Naeem, S., F. S. Chapin III, R. Costanza, P. R. Ehrlich, F. B. Golley, D. U. Hooper, J. H. Lawton, R. V. O'Neill, H. A. Mooney, O. E. Sala, A. J. Symstad, & D. Tilman. (1999). Biodiversity and ecosystem functioning: maintaining natural life support processes. Issues in Ecology. Ecological Society of America. Recuperado de: <https://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/issue4.pdf>.

Natural Capital Coalition, 2016. "Natural Capital Protocol". Natural Capital Coalition. 136p. (Online) Available at: www.naturalcapitalcoalition.org/protocol

ONU: "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático", 1992. Recuperado de: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

Sánchez, Sandoval, A. 2021. Estudio de Impacto de Movilidad Puente Nichupte, Quintana Roo. Agencia de Proyectos Estratégicos del Estado de Quintana Roo. 159 p.

Sánchez, Sandoval, A. 2021. Estudio de Impacto de Movilidad Puente Nichupte, Quintana Roo. Agencia de Proyectos Estratégicos del Estado de Quintana Roo. 159 p.

SIIT, 2020. Estudio de referencia: Construcción y calibración del modelo de tránsito para la simulación de la evacuación del tránsito de la zona turística del boulevard Kukulcan de la Ciudad de Cancún, Quintana Roo. 88 p.

Smith. G. (1993). Impact Assessment and Sustainable Resource Management. Inglaterra. Longman Scientific and Technical

UN Environment (2018). Conceptual guidelines for the application of Marine Spatial Planning and Integrated Coastal Zone Management approaches to support the achievement of Sustainable Development Goal Targets 14.1 and 14.2. UN Regional Seas Reports and Studies No. 207. 58pp

UN Environment (2018). Conceptual guidelines for the application of Marine Spatial Planning and Integrated Coastal Zone Management approaches to support the achievement of Sustainable Development Goal Targets 14.1 and 14.2. UN Regional Seas Reports and Studies No. 207. 58pp

UNEP, 2002 (Sadler, B y M. MxCabe Eds.). Environmental Impact Assessment Training Resource Manual. United Nations Environmental Programme. Division on Technology, Industry and Economics. Economics and Trade Branch. Second Edition. 599 p

Valavanidis, Athanasios. (2018). Ecosystem Approach Management of Environmental Resources. An ecological strategy for integrated environmental conservation. 1. 1-36. Website: www.chem-tox-ecotox.org/ScientificReviews

WBCSD, 2016. Guidelines for environmental & social impact assessment. Cement Sustainability Initiative. World Business Council for Sustainable Development. 108 p.

WBCSD, 2017. Landscape Connectivity A Call to Action. World Business Council Sustainable Development. Syngenta. 40 p.

Westman, E. W. (1985). Ecology, impact assessment, and environmental planning. New York: John Wiley & Sons.

Zárate Lomelí, D., A. Yáñez Arancibia, J. W. Day, M. Ortiz Pérez, A. Lara Domínguez, C. Ojeda De La Fuente, L. J. Morales Arjona & S. Guevara Sada. (2005). Lineamientos para el Programa Regional de manejo integrado de la zona costera del Golfo de México y Caribe. p. 897-933. In: M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología A. C., Harte Research Institute of Gulf of Mexico Studies. 1047 p.

Zárate Lomelí, D., J. L. Rojas Galavíz y T. Saavedra Vásquez. 1996. La evaluación de impacto ambiental en México: Recomendaciones para zonas costeras. P. 571-586. In: A. V. Botello, J. L. Rojas Galavíz, J. A. Benítez, D. Zárate Lomelí (Eds). Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX

8.9.4 Capítulo 6

Estudio Técnico Justificativo, E. (2021). Ing. Reyes M. Medrano Jiménez. Cancún, Q. R.: Lleco Consultores-AGEPRO.

Febles Patrón José Luis, N. L. (septiembre de 2007). Efecto de factores abióticos en el desarrollo de raíces primarias, crecimiento y supervivencia de propágulos en *Rhizophora mangle*. *Madera y Bosques*, 13(2), 15-21. doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2007.1321226>

Garcés Ordoñez, O. y. (2016). Supervivencia de propágulos de *Rhizophora mangle* bajo tensores ambientales en el brazo calanala del río Ranchería, caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y costeras - INVERMAR*, 45(2), 345-353. Recuperado el 17 de 12 de 2021, de <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v45n2/0122-9761-mar-45-02-00345.pdf>

Hole, D. e. (2009). Projected impacts of climate change on a continent-wide protected area network. *Ecology Letters*, 12(5), 420-431. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1461-0248.2009.01297.x>

Hoyos, G. R. (Septiembre de 2013). Respuesta de la regeneración natural en manglares del Golfo de Urabá (Colombia) a la variabilidad ambiental y climática intra-anual. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1445-1461. Recuperado el 17 de diciembre de 2021, de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000400035

Pramova, E. e. (2013). Centre pour la Communication Scientifique Directe (CCSD). Obtenido de <https://hal.archives-ouvertes.fr/cirad-01015722/>

Ruiz-Fernández, A. C.-C. (Diciembre de 2014). Cronología de la sedimentación reciente y caracterización geoquímica de los sedimentos de la laguna de Alvarado, Veracruz (suroeste del golfo de México). *Ciencias marinas*, 40(4), 291-303. doi:<https://doi.org/10.7773/cm.v40i4.2473>

Soluciones Integrales en Materia Ambiental. (2020). Caracterización de los sedimentos de Laguna Nichupté, Quintana Roo.

Sutherland, W. J. (2006). Predicting the ecological consequences of environmental change: a review of the methods. *Journal of Applied Ecology*(43), 399-616.

