

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.

A handwritten signature in dark ink, consisting of a large, stylized loop followed by several vertical strokes and a horizontal line extending to the right.

Firma del titular. - Ing. Alfonso Flores Ramírez

Fecha y número del acta de la sesión del Comité donde se aprobó la versión pública. - Resolución 50/2018/SIPOT, en la sesión celebrada el 9 de abril de 2018.

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



AL PÚBLICO EN GENERAL

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.

DIRECCIÓN GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
A M B I E N T A L

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Modalidad Regional

Proyecto:

“Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo”

Ubicación:

Zona Federal Marítimo Terrestre y área marina adyacente a Isla Chica desde Punta Poniente hasta el Río Kuká, en Isla Holbox, Municipio de Lázaro Cárdenas, Estado de Quintana Roo

Promovente:

Elaborado por:

Marzo, 2017

ÍNDICE

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	1
I.1. Proyecto	1
I.1.1. Nombre del proyecto	1
I.1.2. Duración del proyecto.....	2
I.1.3. Promovente	4
I.1.4. Dirección para oír y recibir notificaciones.....	5
I.1.5. Datos Generales del responsable del Estudio de Impacto Ambiental.....	5
I.1.6. Colaboradores del estudio técnico	6
II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.....	7
II.1. Información general del proyecto, plan o programa.....	7
II.1.1. Marco de referencia	7
II.1.2. Naturaleza del proyecto, plan o programa.....	9
II.1.1. Dimensiones del proyecto.....	14
II.1.2. Justificación	15
II.1.3. Selección del sitio	16
II.1.1. Ubicación física del proyecto y planos de localización	18
II.1.2. Inversión requerida.....	26
II.1.3. Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.....	26
II.1.4. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos.....	26
II.2. Características particulares del proyecto, plan o programa.....	27
II.2.1. Estructura de estabilización.....	27
II.2.2. Programa general de trabajo.....	30
II.2.1. Representación gráfica regional.....	32
II.2.2. Preparación del sitio	33
II.2.3. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto.....	37
II.2.4. Etapa de construcción.....	37
II.2.5. Materiales y herramientas a utilizar.....	58
II.2.6. Personal requerido.....	59
II.2.7. Etapa de operación y mantenimiento	60
II.2.8. Descripción de obras asociadas al proyecto	61
II.2.9. Etapa de abandono del sitio	61
II.2.10. Utilización de explosivos	61
II.2.11. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.....	61
II.2.12. Infraestructura adecuada para el manejo y disposición adecuada de los residuos	63
III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULARIZACIÓN DE USO DE SUELO	64

III.1.	Información Sectorial.....	64
III.2.	Vinculación con las Políticas e Instrumentos de Planeación del Desarrollo en la Región.....	66
III.2.1.	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	66
III.2.2.	Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.....	66
III.2.3.	Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018	67
III.2.4.	Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 (PROMARNAT).	68
III.2.5.	Política Nacional de Mares y Costas	68
III.2.6.	Plan Estratégico para el Desarrollo Integral de Quintana Roo 2000 – 2025	70
III.2.7.	Plan Estatal de Desarrollo Quintana Roo 2016 - 2022.....	70
III.2.8.	Programas de Ordenamiento Ecológico Local.....	71
III.2.9.	Programa de Desarrollo Urbano	71
III.3.	Análisis de los Instrumentos Normativos	71
III.3.1.	Leyes y Reglamentos	71
III.3.2.	Programas de Ordenamiento.....	87
III.3.3.	Áreas Naturales Protegidas	102
III.3.4.	Zonas de Conservación.....	106
III.3.5.	Normas Oficiales Mexicanas - NOM.....	110
III.3.6.	Regiones Prioritarias.....	118
IV.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN	131
IV.1.	Delimitación y justificación del SAR donde se pretende establecer el proyecto	131
IV.2.	Caracterización y análisis del SAR	134
IV.3.	Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad del SAR	135
IV.3.1.	Medio abiótico	135
IV.3.2.	Medio biótico	187
IV.3.3.	Diagnóstico ambiental	231
V.	IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL.....	244
V.1.	Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales	244
V.1.1.	Criterios de importancia para la evaluación	244
V.1.2.	Indicadores de impacto	246
V.2.	Impactos ambientales	248
V.2.1.	Acciones del proyecto susceptibles de causar impacto	248
V.2.2.	Valoración y descripción de los impactos.....	249
V.3.	Conclusión de la valoración de los impactos	266
V.4.	Impactos residuales	269
V.4.1.	Impactos acumulativos y o sinérgicos	270
V.5.	Conclusiones.....	271

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	273
VI.1. Medidas preventivas y de mitigación	273
VI.1.1. Medidas generales	273
VI.1.2. Medida de compensación	275
VI.1.3. Medidas específicas	281
VI.2. Programa de manejo ambiental	287
VI.2.1. Objetivos	288
VI.2.2. Actividades del programa	288
VI.2.3. Seguimiento y control	289
VI.2.4. Cronograma de las actividades	289
VI.2.5. Reporte de resultados.....	290
VI.3. Proyectos ambientales complementarios	290
VII. PRONÓSTICOS AMBIENALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	292
VII.1. Descripción y análisis del escenario con y sin proyecto.....	292
VII.2. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación	299
VII.3. Pronostico ambiental.....	300
VII.4. Evaluación de alternativas	301
VII.4.1. Planteamiento de alternativas de solución.	304
VII.4.2. Selección de la mejor alternativa	307
VIII. CONCLUSIONES	310
IX. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES	317
X. BIBLIOGRAFÍA.....	318

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I_ 1. Coordenadas extremas del proyecto.....	1
Tabla I_ 2. Nivel de seguridad requerido.	4
Tabla II_ 1. Dimensiones del proyecto.	14
Tabla II_ 2. Programa general de trabajo para las tres etapas del proyecto.	30
Tabla II_ 3. Obras y actividades principales para las tres etapas del proyecto.	37
Tabla II_ 4. Lista de los principales materiales y equipos requeridos.....	58
Tabla II_ 5. Relación del personal de obra que se requiere para cada actividad general del proyecto.....	59
Tabla II_ 6. Programa de obras.	277
Tabla III_ 1. Descripción de la Unidad de Gestión Ambiental número 131.	88
Tabla III_ 2. Acciones Generales del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe vinculado al proyecto.....	88
Tabla III_ 3. Acciones Específicas del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe vinculada al proyecto.	94
Tabla III_ 4. Acciones Específicas de Islas del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe vinculada al proyecto.	100
Tabla III_ 5. Ficha técnica del ANP.....	104
Tabla III_ 6. Ficha técnica del AICA.	108
Tabla III_ 7. Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2010 y su vinculación con el proyecto.....	110
Tabla III_ 8. Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2010 y su vinculación con el proyecto.....	116
Tabla III_ 9. Ficha técnica de la Región Marina Prioritaria.....	119
Tabla III_ 10. Ficha técnica de la Región Hidrológica Prioritaria.	121
Tabla III_ 11. Ficha técnica de la Región Terrestre Prioritaria.....	125
Tabla IV_ 1. Lista de algunos de los huracanes que se han presentado en la Península de Yucatán.....	138
Tabla IV_ 2. Coordenadas de puntos de control geodésico.....	152
Tabla IV_ 3. Correcciones altimétricas de los puntos de control geodésico.....	152
Tabla IV_ 4. Densidad de las muestras en Holbox.	158
Tabla IV_ 5. Peso específico de las muestras en Holbox.	158

Tabla IV_ 6. Diámetros Representativos (mm) y Clasificación en Base al <i>S. U. C. S.</i>	159
Tabla IV_ 7. Potencial de transporte en la zona NE de Holbox.	170
Tabla IV_ 8. Potencial de transporte en la zona Centro de Holbox.	170
Tabla IV_ 9. Potencial de transporte en la zona Suroeste de Holbox.....	170
Tabla IV_ 10. Concentrado de oleaje direccional para el análisis de la influencia en Holbox.....	179
Tabla IV_ 11. Oleaje propagado del NNW al ESE.....	182
Tabla IV_ 12. Predicción de marea para Isla Mujeres.....	186
Tabla IV_ 13.- Listado taxonómico de las especies registradas en campo y en la literatura para el área de estudio.....	196
Tabla IV_ 14. Composición de la fauna bentónica.	212
Tabla IV_ 15. Especies protegidas registradas para el área de estudio.	217
Tabla IV_ 16. Infraestructura Hotelera del Estado de Quintana Roo a Mayo 2013...223	
Tabla V_ 1. Criterios de evaluación para la matriz modificada de Leopold.	245
Tabla V_ 2. Indicadores ambientales para la matriz modificada de Leopold.	246
Tabla V_ 3. Acciones e impactos por indicador en cada etapa del proyecto.	248
Tabla V_ 4. Valoración de impactos por matriz modificada de Leopold (A).	250
Tabla V_ 5. Valoración de impactos por matriz modificada de Leopold (B).....	251
Tabla V_ 6. Acciones e impactos por indicador en cada etapa del proyecto.	252
Tabla V_ 7. Análisis de la valoración de los impactos.	269
Tabla V_ 8. Acciones del proyecto durante las etapas del desarrollo.	278
Tabla VI_ 1. Dimensiones de la medida.	277
Tabla VI_ 2. Medidas para el proyecto al área marina del Hotel El Cid Spa &Beach Resort	281
Tabla VI_ 3. Cronograma de actividades por programa.....	289
Tabla VII_ 1. Escenario actual y pronósticos sin y con proyecto.....	293
Tabla VII_ 2. Escenario del proyecto sin y con la implementación de medidas de mitigación.	299
Tabla VII_ 3. Nivel de seguridad requerido.	304
Tabla VII_ 4. Alternativas de protección costera.....	305
Tabla VII_ 5. Estrategias de acción para resolver el problema de erosión en Holbox.	306

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I_ 1. Ubicación del área del proyecto.....	2
Figura I_ 2. Zonificación de la zona de estudio por función y nivel de vulnerabilidad.	4
Figura II_ 1. Erosión en la zona del proyecto. A-D) propiedad privada, B-H) vegetación y duna costera, I-J) pérdida de especies protegidas (mangles).	8
Figura II_ 2. Zonificación del área del proyecto.....	10
Figura II_ 3. Diseño general del proyecto.	10
Figura II_ 4. Perfil transversal tipo.	11
Figura II_ 5. Plano de las obras a implementarse en la Zona Suroeste.	12
Figura II_ 6. Plano de las obras a implementarse en la Zona Centro.....	12
Figura II_ 7. Plano de las obras a implementarse en la Zona Noreste.	13
Figura II_ 8. Ejemplo de los pasos de duna.....	13
Figura II_ 9. Ubicación de la zona de disposición de arena.	14
Figura II_ 10. Fotografías del área del proyecto. A y B) espigones establecidos en los años ochenta, C) pérdida de la cobertura de mangles al Noreste de la Isla, D) pérdida de la duna y de las especies vegetales, E y F) pérdida de la infraestructura.	17
Figura II_ 11. Fotografías del área del proyecto durante un evento hidrometeorológico.	18
Figura II_ 12. Mapa con los cuadros de construcción en coordenadas UTM, de los espigones.....	19
Figura II_ 13. Mapa con el cuadro de construcción en coordenadas UTM de los rompeolas.	20
Figura II_ 14. Mapa con el cuadro de construcción en coordenadas UTM de la duna costera.....	21
Figura II_ 15 Mapa con el cuadro de construcción en coordenadas UTM de la recuperación de playa.	22
Figura II_ 16 Mapa con el cuadro de construcción en coordenadas UTM de la zona de tránsito.....	23
Figura II_ 17 Mapa con el cuadro de construcción en coordenadas UTM de la ubicación de la zona de disposición de arena.	24
Figura II_ 18. Colindancias del proyecto. A) Ubicación general, B-C) Norte, D) Este, E-F) Sur, G) Oeste.....	25
Figura II_ 19. Espigones existentes en la Zona Centro del proyecto.....	28

Figura II_ 20. Análisis de la recuperación de la playa en los espigones existentes en la zona centro.	28
Figura II_ 21. Efecto de la presencia de un rompeolas paralelo.	29
Figura II_ 22. Representación gráfica regional.	33
Figura II_ 23. Ejemplo de señalamientos.	35
Figura II_ 24. Ejemplo de bodega provisional.	36
Figura II_ 25. Geometría que describe la espiral de la bahía (ajustada de Silvester and Hsu 1993).	38
Figura II_ 26. Arreglo en planta de una bahía de equilibrio.	39
Figura II_ 27. Estructura de protección tipo rompeolas. A) Sección transversal tipo, B) Detalles de cubos ranurados, C) Detalles de las bolsas de cimbra para los bolsacretos.	40
Figura II_ 28. Arreglo en planta de toda la zona de protección Centro con espigones.	44
Figura II_ 29. Sección transversal tipo de la estructura de protección tipo espigón.	44
Figura II_ 30. Corte longitudinal de la relocalización de arena.	45
Figura II_ 31. Bomba sumergible.	46
Figura II_ 32. Tuberías y mangueras con lastre de proyectos similares.	47
Figura II_ 33. Colocación y funcionamiento de malla antidispersión, en proyectos similares.	47
Figura II_ 34. Diseño de la malla de geotextil antidispersión.	48
Figura II_ 35. Descarga de arena sobre la playa seca.	48
Figura II_ 36. Colocación de tuberías y mangueras para el transporte de arena.	49
Figura II_ 37. Proceso de relocalización de arena típico con draga IMS 7012.	50
Figura II_ 38. Red de boyado (A) y banderines de precaución (B).	50
Figura II_ 39. Corte típico de la duna	52
Figura II_ 40. Pasos sobre duna. A) Detalle típico, B) Vista lateral	54
Figura II_ 41. Pasos sobre duna habilitados en Isla Chica, Holbox.	55
Figura II_ 42. Detalle típico de andadores de madera sobre espigones	55
Figura II_ 43. Detalle de la cubierta de madera de los andadores.	57
Figura III_ 1. Consumo turístico interno por motivo del viaje en el 2015.	65
Figura III_ 2. Afluencia turística en el Estado de Quintan Roo.	65
Figura III_ 3. Ubicación del proyecto en la ANP	103
Figura III_ 4. Ubicación del proyecto en el ANP.	104

Figura III_ 5. Ubicación del proyecto en el sitio RAMSAR.....	107
Figura III_ 6. Ubicación del proyecto en el AICA.....	109
Figura III_ 7. Regiones Prioritarias Marinas.....	120
Figura III_ 8. Región Hidrológica Prioritaria.....	124
Figura III_ 9. Región Terrestre Prioritaria.	130
Figura IV_ 1.- Delimitación del Sistema Ambiental.	132
Figura IV_ 2.- Zona de influencia directa del proyecto.	133
Figura IV_ 3.- Fotografías de la erosión en la zona costera de Isla Chica, Holbox....	134
Figura IV_ 4. Subtipos climáticos que se presentan en el sitio del proyecto.	136
Figura IV_ 5. Mapa de peligros por incidencia de ciclones.....	137
Figura IV_ 6. Mapa Geológico del área de Estudio.....	140
Figura IV_ 7. Mapa de Geomorfología en Isla Holbox.....	141
Figura IV_ 8. Mapa Edafológico del área de Estudio.....	144
Figura IV_ 9. Mapa de Aguas Superficiales del área de Estudio.....	146
Figura IV_ 10. Mapa de Aguas Subterráneas del área de Estudio.....	148
Figura IV_ 11. Dirección del Flujo del Agua Subterránea en la Península de Yucatán.	150
Figura IV_ 12. Transectos y áreas de mapeo.....	153
Figura IV_ 13. Procesamiento de datos de la topobatemetría procesada en la playa frente Isla Chica, Holbox.	153
Figura IV_ 14. Batimetría de la Zona Noreste del proyecto.	154
Figura IV_ 15. Batimetría de la Zona Centro del proyecto.....	155
Figura IV_ 16. Batimetría de la Zona Suroeste del proyecto.	156
Figura IV_ 17. Ubicación de los sitios de muestreo de sedimento.	157
Figura IV_ 18. Muestreo en diferentes zonas del proyecto.....	158
Figura IV_ 19. Análisis de la granulometría de las muestras de arena.....	160
Figura IV_ 20. Flujo de corrientes marinas superficiales dominantes en la región de la Península de Yucatán.	162
Figura IV_ 21. Potencial de transporte de sedimentos (m ³ /año x 1000) en la costa norte de la Península de Yucatán (Appendini <i>et al.</i> 2012).	163
Figura IV_ 22. Disposición del campo de dunas submarinas frente a la Isla de Holbox (Quintana Roo) y El Cuyo (Yucatán). A la derecha se muestra la imagen del perfil	

sismológico de los transectos en los barridos. La línea roja señala el fondo marino y la línea azul el subfondo consolidado.	164
Figura IV_ 23. Transporte de arena en Isla Holbox.	165
Figura IV_ 24. Imágenes satelitales y ortofoto, geo referenciadas a lo largo del tiempo del sitio del proyecto. A) Ortofoto Digital de INEGI con clave F16C28f y escala 1:20,000 de Enero de 1978, B) Imagen Satelital de Marzo de 2005, C) Imagen Satelital de Marzo de 2009, D) Imagen Satelital de Julio de 2003.	166
Figura IV_ 25. Digitalización de las líneas de costa de la isla Holbox.	167
Figura IV_ 26. Balance Cualitativo del Transporte Litoral de la costa de Holbox, Quintana Roo.	168
Figura IV_ 27. Resultados del potencial de transporte por el método del CERC en la Isla Chica, Holbox.	171
Figura IV_ 28. Factores que afectan la estabilidad de la línea de costa en la Zona Noreste.	173
Figura IV_ 29. Factores que afectan la estabilidad de la línea de costa en la Zona Centro.	174
Figura IV_ 30. Factores que afectan la estabilidad de la línea de costa en la Zona Suroeste.	175
Figura IV_ 31. Estaciones de información para la obtención de datos de oleaje.	177
Figura IV_ 32. Histograma de frecuencia (izquierda) y Rosa de direccional del oleaje (derecha) para cada estación. A-B) Zona Norte, C-D) Zona Noreste y E-F) Zona Este.	178
Figura IV_ 33. Huracanes que han afectado la zona de estudio.	180
Figura IV_ 34. Propagación del oleaje en la zona del proyecto. A-B) mayas de menor resolución.	181
Figura IV_ 35. Propagación del oleaje normal.	183
Figura IV_ 36. Propagación del oleaje huracanado.	184
Figura IV_ 37. Dirección del viento principal en el área de estudio. A) Rosa direccional del viento, B) Histograma de velocidad del viento, y C) Tabla de probabilidades de velocidad del viento.	185
Figura IV_ 38. Ejemplo de tabla de mareas utilizadas para el análisis del presente proyecto.	186
Figura IV_ 39. Tipo de ambientes en el Sistema Ambiental.	189
Figura IV_ 40. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Arenal costero.	190
Figura IV_ 41. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Playa.	191
Figura IV_ 42. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Bajos.	192
Figura IV_ 43. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Humedal costero.	193

Figura IV_ 44. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Laguna Conil.....	194
Figura IV_ 45. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Pastizales.....	195
Figura IV_ 46. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Dunas caminantes. ..	195
Figura IV_ 47. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Asentamientos humanos.	196
Figura IV_ 48. Cacerolitas de Mar, A) Camarón, B) Nudibranquio, C) Caracol de la familia Menlongenidae D) Cacerolita de mar desplazándose cerca de la playa, E) Exuvias y ejemplares muertos en la playa.	198
Figura IV_ 49. Ictiofauna observada, A) Chakchi (<i>Haemulon parrai</i>), B) Bagre (<i>Bagre marinus</i>).....	199
Figura IV_ 50. Rutas migratorias de las aves. Imagen tomada de Ducks Unlimited de México.....	201
Figura IV_ 51. Avifauna observada en el área de influencia directa. A-B) Avifauna, C) Ibis blanco <i>Eudocimus albus</i> , D) Flamenco americano <i>Phoenicopterus ruber</i> , E) Águila pescadora <i>Pandion haliaetus</i> , F) Garza blanca <i>Egretta alba</i>	202
Figura IV_ 52. Iguana rayada <i>Ctenosaura similis</i>	203
Figura IV_ 53. Algas observadas, A) Alga rodofita, B) Pasto Marino (<i>Thalassia testudinum</i>), C-D) Acumulación de sargazo.....	205
Figura IV_ 54. Vista de la vegetación pionera de duna costera.	206
Figura IV_ 55. Diferentes aspectos del matorral costero	207
Figura IV_ 56. Tipo de manglar que se encuentra en la parte sur de la isla.....	208
Figura IV_ 57. Ejemplares de palma de coco <i>Cocos nucifera</i> en la Isla de Holbox	209
Figura IV_ 58. Ubicación de las estaciones de muestreo.....	209
Figura IV_ 59. Porcentaje de Taxa perteneciente a cada uno de los Phylum presentes en las tres estaciones. Los valores entre paréntesis, indican el número de Taxa.	211
Figura IV_ 60. Riqueza de especies para cada Phylum en las 3 estaciones estudiadas.	211
Figura IV_ 61. Composición de especies de moluscos. A. <i>Natica</i> sp.; B. <i>Scaphander punctostriatus</i> ; C. <i>Kurtziella cerina</i> ; D. <i>Crepidula</i> sp.; E. <i>Cerithium</i> sp.1; F. <i>Cerithium</i> sp.2; G. <i>Olivella floralia</i> ; H. <i>Macra fragilis</i> ; I. <i>Dosinia elegans</i> ; J. <i>Glycymeris pectinata</i> ; K. <i>Arca</i> sp. y L. <i>Papyridea soleniformis</i>	213
Figura IV_ 62. Composición de especies de crustáceos, poliquetos y nematodos. A. Tanaidacea 1; B. Amphipoda 1; C. <i>Apsuodes</i> sp.; D. Polychaeta 1 y E. Nematoda 1.	214
Figura IV_ 63. Número de organismos de cada Phylum presentes en las tres estaciones.....	215
Figura IV_ 64. Composición general (abundancia y proporción) de los principales Taxa del área de estudio. (B), Bivalvia; (G), Gastropoda y (P) Polychaeta. El Rango de	

especie, se refiere a la jerarquía que tuvieron las especies de acuerdo a su abundancia.	215
Figura IV_ 65. Composición por estación (abundancia y proporción) de los principales Taxa. (B), Bivalvia; (G),Gastropoda; (P), Polychaeta y (N) Nematoda.....	216
Figura IV_ 66. Carritos de golf como medio de transporte local.	226
Figura IV_ 67. Panorámica del Puerto de Holbox sobre la Laguna Conil.	227
Figura IV_ 68. Panorámica de la aeropista de Holbox.....	227
Figura IV_ 69. Panorámica del centro de población de Holbox.	230
Figura IV_ 70. Actividades turísticas en la Isla de Holbox.....	231
Figura IV_ 71. Zonas en que se dividió la zona de estudio de Holbox para el diagnóstico.....	233
Figura IV_ 72. Caracterización de la zona noreste.	234
Figura IV_ 73. Caracterización del perfil de playa de la zona Noreste.	235
Figura IV_ 74. Análisis de evolución de la costa en la zona Noreste.....	236
Figura IV_ 75. Caracterización de la zona centro.....	237
Figura IV_ 76. Caracterización del perfil de playa de la zona Centro.....	238
Figura IV_ 77. Ejemplo del funcionamiento de los espigones.	238
Figura IV_ 78. Análisis de evolución de la costa en la zona centro.	239
Figura IV_ 79. Caracterización de la zona suroeste.....	240
Figura IV_ 80. Caracterización del perfil de playa de la zona suroeste.....	241
Figura IV_ 81. Análisis de la recuperación de la playa en la segunda batería de espigones.....	241
Figura IV_ 82. Esquema que muestra el comportamiento que se genera al construir obras que obstruyen el transporte de sedimentos en la costa.	242
Figura IV_ 83. Análisis de evolución de la costa en la zona suroeste.	243
Figura V_ 1- Comparación de impactos previstos para el proyecto. A) Intensidad, B) Extensión, C) Duración, D) Periodicidad, E) Carácter.....	267
Figura V_ 2- Impactos previstos para el proyecto en cada una de sus etapas.	268
Figura V_ 3- Valoración de la magnitud e importancia de los impactos previstos para el proyecto.....	268
Figura V_ 4- Espigones habilitados en la Zona Centro.	271
Figura V_ 5- Recuperación de la duna costera al Noreste del área del proyecto.....	271

Figura VII_ 1. Diseño general del proyecto.....	296
Figura VII_ 2. Erosión en la playa, escarpes y pérdida de la propiedad privada.....	296
Figura VII_ 3. Estado de los espigones existentes.....	296
Figura VII_ 4. Estado de los espigones existentes en el área de estudio.	297
Figura VII_ 5. Ejemplares caídos y troncos de los que alguna vez fueron mangles. ...	297
Figura VII_ 6. Ejemplares caídos y vegetación en al agua a causa de la erosión.	297
Figura VII_ 7. Infraestructura en el agua.	298
Figura VII_ 8. Fotografía del muelle en condiciones climáticas A) normales, B) al paso de una tormenta tropical, C y D) fotos de la isla al paso de una tormenta tropical, (las fotos A, B y C fueron tomadas el 24 de febrero de 2010 y bajadas de internet).	298
Figura VII_ 9. Metodología de Cálculo de la estabilización de las playas en Holbox, Quintana Roo.....	303
Figura VII_ 10. Zonificación de la zona de estudio por función y nivel de vulnerabilidad.	303
Figura VII_ 11. Jerarquías del Proceso Analítico Jerárquico.	308
Figura VII_ 12. Puntuación global de la evaluación del aspecto global.....	308
Figura VII_ 13. Puntuación final que define la mejor alternativa de obras.	309

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

I.1. Proyecto

I.1.1. Nombre del proyecto

[REDACTED]

I.1.1.1. Datos del sector

[REDACTED]

I.1.1.2. Ubicación del proyecto

[REDACTED]

I.1.1.1. Coordenadas Geográficas y/o UTM

[REDACTED]

Tabla I_ 1. Coordenadas extremas del proyecto.

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

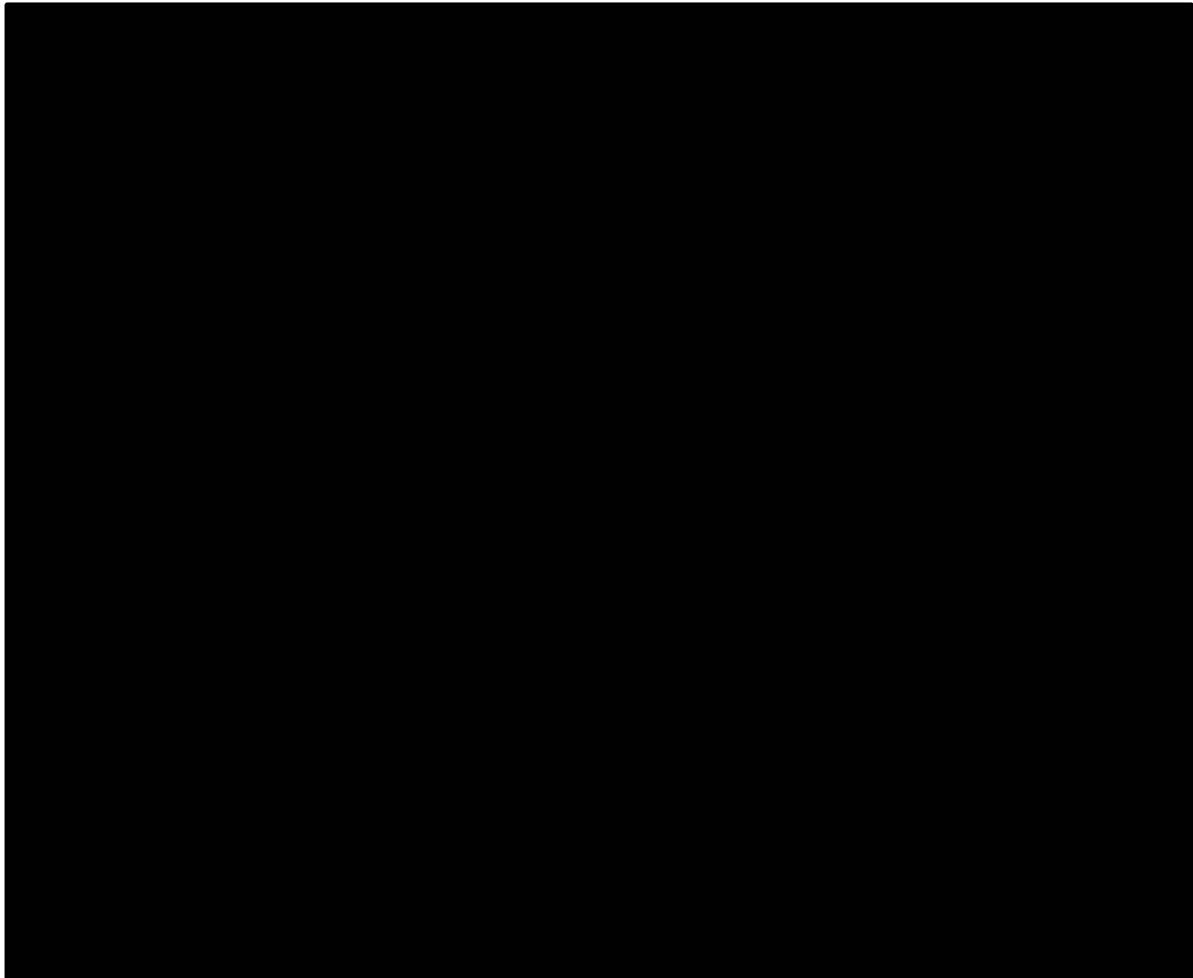


Figura I_ 1. Ubicación del área del proyecto.

I.1.2. Duración del proyecto

Para determinar la vida útil de las obras o periodo de retorno se tiene que considerar los siguientes elementos:

- a) Tipo de obra,
- b) Nivel de seguridad requerido,
- c) Repercusión económica de la inutilización de la obra, y
- d) La posibilidad de pérdidas humanas.

Estas características están fuertemente relacionadas con la función de la playa, por lo que, al definir la función de la playa, se tendrán elementos suficientes para elegir el periodo de retorno. Las obras que se proponen para la estabilización de la playa en la Isla Chica en Holbox se ubican en la clasificación de infraestructura de carácter general, es decir; no están ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un

yacimiento de concreto y el nivel de seguridad se define dentro de las siguientes categorías:

- Nivel 1: Obras e instalaciones de interés local o auxiliar. Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. Por ejemplo: Obras de defensa y regeneración de costas, obras en puertos menores o deportivos, emisarios locales, pavimentos, instalaciones para manejo y manipulación de mercancías, edificaciones, etc.
- Nivel 2: Obras e instalaciones de interés general. Riesgo moderado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. Por ejemplo: Obras en grandes puertos, emisarios de grandes ciudades, etc.
- Nivel 3: Obras e instalaciones de protección contra inundaciones o de carácter supranacional. Riesgo elevado de pérdidas humanas o daños medio ambientales en caso de rotura. Por ejemplo: Defensa de núcleos urbanos o bienes industriales, etc.

Con base en los trabajos de campo, el área del proyecto se dividió en tres zonas y se determinaron las siguientes funciones (**Figura I_2**):

- Función recreativa. - Playas que se usan para el baño, paseo, asoleo, motonáutica, etc.
- Defensa de la costa. - Playa que protege zonas habitadas contra la energía del oleaje.
- Hábitat de flora y fauna. - Playa donde no existe infraestructura con presencia principalmente de flora y fauna.

Por su importancia en la economía de la zona y seguridad patrimonial, la función como defensa de la costa es la más importante, ya que corresponde a protección de zonas habitacionales. Que, con base en el criterio descrito, se determina un nivel de seguridad 1 para las obras de carácter general que garantizarán la defensa de la costa y permitan seguir explotando la función recreativa. Que aunque el nivel de seguridad para obras que garantizan la defensa de la costa es 2, el análisis nos indica que la zona de bajos y la pendiente de la playa juegan un papel importante como protección, pues disipan la gran parte de la energía del oleaje, por lo cual las obras no requieren ser muy robustas y tomando también como base la inspección en la zona de estudio se considera solo el nivel de seguridad 1 (**Tabla I_2**).

Por lo tanto, se estima una vida útil o tiempo de retorno de las obras del proyecto de 25 años. Además, se considera que, si bien la relocalización de arena sobre la playa se ajustará a la dinámica natural de ésta, dada la naturaleza del proyecto y la constante erosión de la zona, es importante un seguimiento del comportamiento de la línea de costa; lo anterior para evaluar la situación en términos de pérdida de la arena y determinar la zona o zonas que requieran actividades de mantenimiento de las obras, con lo cual se alargaría la vida útil del proyecto.

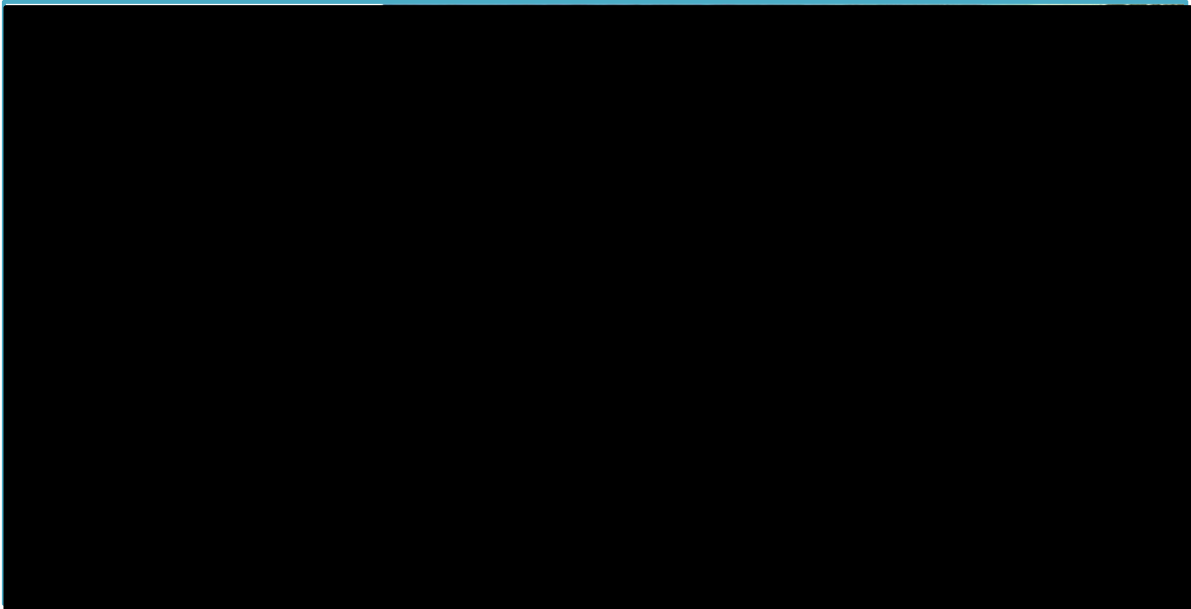


Figura I_ 2. Zonificación de la zona de estudio por función y nivel de vulnerabilidad.

Tabla I_ 2. Nivel de seguridad requerido.

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

I.1.3. Promovente

I.1.3.1. *Nombre o razón social*

[REDACTED]

I.1.3.2. *Registro federal de contribuyentes del promovente*

[REDACTED]

I.1.3.3. *Nombre y cargo del representante legal*

[REDACTED]

I.1.4. Dirección para oír y recibir notificaciones

I.1.4.1. *Calle y número o bien nombre del lugar y/o rasgo geográfico de referencia, en caso de carecer de dirección postal*

[REDACTED]

I.1.4.2. *Teléfono/Fax*

[REDACTED]

I.1.4.3. *Correo electrónico*

[REDACTED]

I.1.5. Datos Generales del responsable del Estudio de Impacto Ambiental

I.1.5.1. *Nombre o razón social*

[REDACTED]

I.1.5.2. *Registro federal de contribuyentes*

[REDACTED]

I.1.5.3. *Nombre del responsable técnico del estudio*

[REDACTED]

I.1.5.4. *Cédula Profesional del Responsable Técnico*

[REDACTED]

I.1.5.5. *Dirección del responsable del estudio*

[REDACTED]

I.1.5.6. *Teléfono*

[REDACTED]

I.1.5.7. *Correo electrónico*

[REDACTED]

I.1.6. *Colaboradores del estudio técnico*

<i>Nombre</i>	<i>Cédula profesional</i>	<i>Actividades</i>
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO

II.1. Información general del proyecto, plan o programa

II.1.1. Marco de referencia

La zona costera está definida como la porción de suelo que divide la tierra del mar, es un entorno natural de características muy particulares, con una gran riqueza natural, social, económica, etc., la zona costera es el soporte de una gran parte de la población, de actividades productivas y diversidad biológica.

En los últimos años se ha puesto mayor interés en la zona costera, debido al rápido desarrollo de la región, al incremento de la vulnerabilidad de las poblaciones y de la pérdida de humedales costeros, sobre todo considerando que nuestro país se ubica en una zona con un alta incidencia de huracanes cuya ocurrencia es cíclica, además de los efectos de mediano y largo plazo por el cambio climático. La importancia de atender la vulnerabilidad de las poblaciones corresponde con preservar las vidas humanas, su patrimonio, fuentes de trabajo; por otro lado y no menos importante, la atención en la preservación de los ecosistemas costeros vistos como bienes nacionales.

Las costas del Estado de Quintana Roo se caracterizan por tener una dinámica intensa influenciada por el oleaje, corrientes marinas, procesos bióticos, fluctuaciones climáticas (presencia de tormentas tropicales y huracanes), cambios en el nivel medio del mar y una alta presión ocasionada por la intensa actividad turística. Como consecuencia de estos factores las playas sufren una erosión considerable. Por lo tanto, surge la necesidad de realizar acciones enfocadas a la recuperación, estabilización y conservación integral de las playas, objetivo del presente proyecto.

La línea de costa de Isla Chica, Holbox, desde Punta Poniente al Río Kuká presenta una erosión cada vez más grave y cuya magnitud de pérdida de arena es evidente. La erosión afecta no solamente a la infraestructura de la ciudad, también conlleva la pérdida de ecosistemas y hábitats de especies protegidas, con lo son la duna costera, zonas de mangles y playa (**Figura II_ 1**).

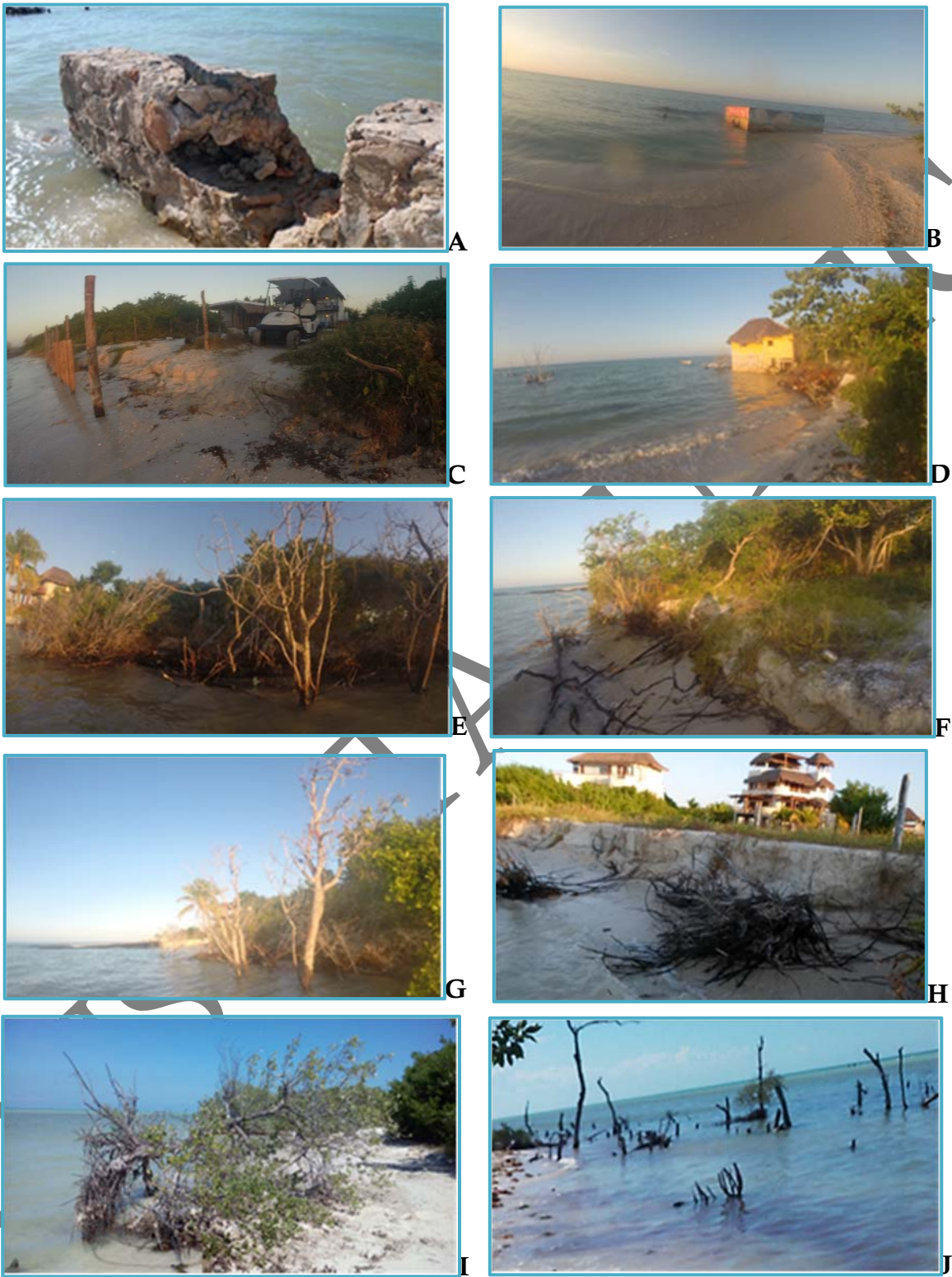


Figura II_ 1. Erosión en la zona del proyecto. A-D) propiedad privada, B-H) vegetación y duna costera, I-J) pérdida de especies protegidas (mangles).

Este proyecto queda sujeto a lo dispuesto en el artículo 28, fracción IX de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), y artículo 5° incisos Q, R y S del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), el cual prevé que:

“Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en materia de impacto ambiental:

Q) Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros: ...

R) Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales: ...

S) Obras en áreas naturales protegidas: ...

Se considera que el proyecto entra en dichos supuestos, motivo por el cual se somete a evaluación de la Secretaría para obtener la autorización en materia de impacto ambiental, toda vez que la recuperación de la playa, la habilitación de rompeolas, la rehabilitación y ampliación de espigones no causará desequilibrios ecológicos, ni rebasará los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la protección al ambiente, ni a la preservación y restauración de los ecosistemas.

II.1.2. Naturaleza del proyecto, plan o programa

El presente proyecto está basado en el *“Estudio de factibilidad técnica, ambiental y de ingeniería costera para la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo”*, cuyo objetivo es contar con un plan estratégico para dicha isla contra la erosión de la zona costera, como una medida de adaptación ante los efectos del cambio climático (Anexo).

El estudio de factibilidad establece que la Isla Chica presenta tres orientaciones diferentes, cuyos factores que inducen la erosión se explica considerando tres zonas con diferente comportamiento (**Figura II_2**). Los rasgos importantes que describen cada zona se describirán en el capítulo IV y en términos generales consisten en:

1. **Zona Noreste:** Abarca principalmente toda la zona donde la función de la playa es hábitat de flora y fauna, desde el Río Kuká hasta los primeros hoteles de Holbox.
2. **Zona Centro:** Abarca la mayor concentración de la población y la primera batería de espigones.
3. **Zona Suroeste:** Va desde la segunda batería de espigones hasta Punta Poniente y presenta la mayor erosión de todo el frente de estudio analizado.

El presente proyecto pretende realizar las obras necesarias que promuevan la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de Isla Chica,

en una zona de aproximadamente 5,500 m de largo, desde Punta Poniente hasta el Río Kuká, en Isla Holbox, mediante el relleno de arena con un perfil de playa consistente en un ancho de 30m de construcción y 25m de relocalización de arena, con una elevación de 1 m de berma y 2m de la duna ambas sobre el N. B. M. (Nivel de Baja Marea, **Figura II_2** **Figura II_3**, **Figura II_4**).

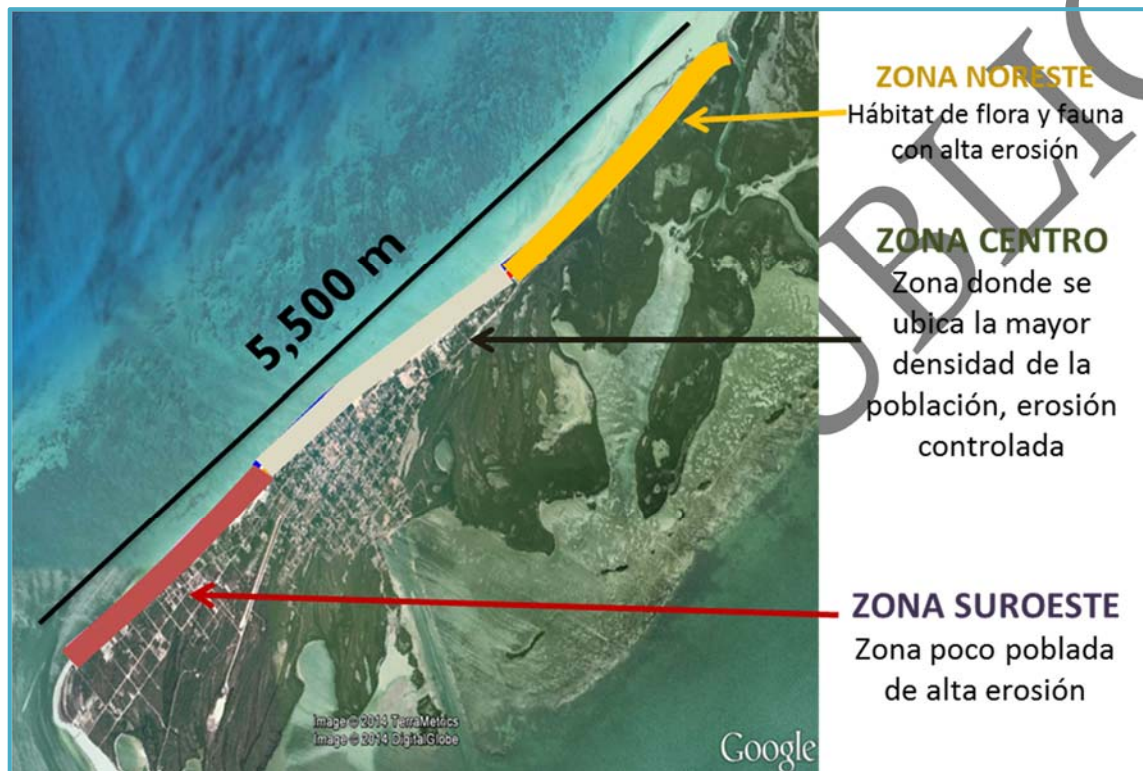


Figura II_2. Zonificación del área del proyecto.

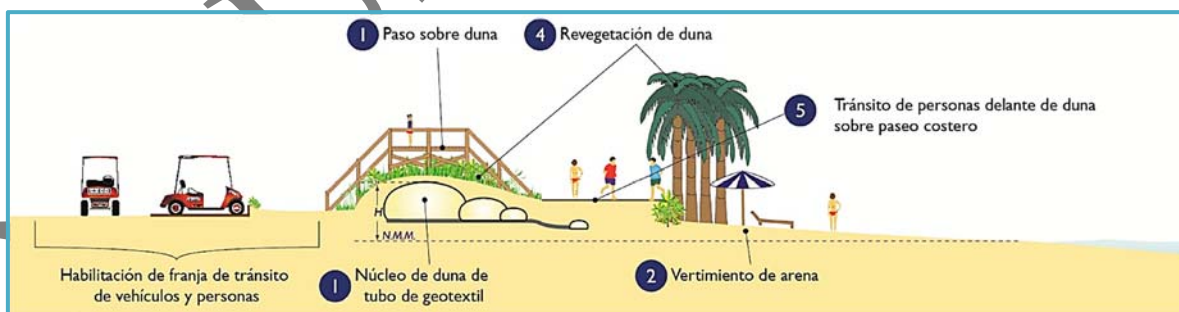


Figura II_3. Diseño general del proyecto.

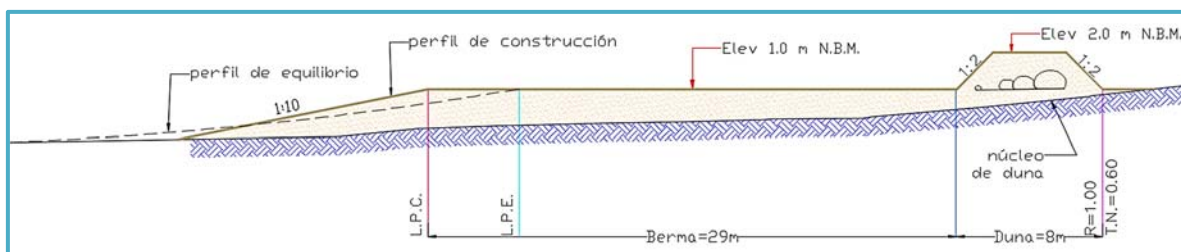


Figura II_4. Perfil transversal tipo.

En el *estudio de factibilidad* se identificaron diversos factores que afectan la estabilidad de la línea de costa, y tomando como base los resultados del diagnóstico integral del proceso de erosión, así como las funciones de la playa que requieren ser restablecidas, se formularon diversas alternativas de solución. Por lo que, con base en la evaluación de alternativas que consideran aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales se concluyó que el presente proyecto es la alternativa más adecuada para la recuperación, estabilización y conservación de la playa de Isla Chica en Holbox en cada una de las zonas, mismas que se realizarán por etapas dependiendo de la afectación a la población y que constan de:

1. **Zona Suroeste –Primer Etapa (Figura II_5)**, para la recuperación de playa se proponen las siguientes obras:
 - Recuperación de la playa: Abarcará 1,700 m lineales de playa y se requerirá de un volumen de 100,000 m³ de arena. Constará de zona de tránsito para vehículos de golf, duna y playa.
 - Conformación y reforestación de la duna costera, con núcleo de tubos de geotextil y 8 m de ancho. Adicionalmente se habilitarán pasos sobre la duna para la preservación de ésta.
 - Habilitación de rompeolas a base de cubos y bolsacreto, cinco de 100 m de largo con un ancho variables paralelos a las crestas del oleaje y con un espaciamiento de 150 m entre ellos; además se consideran dos rompeolas de cierre denominadas estructuras de transición con una longitud de 70 y 35 m con un ancho variable y separación variable; lo que correspondería a un total de 605 ml. Cada rompeolas tendrá un tapete antisocavación que sobresaldrá 3m a cada lado de las estructuras. Adicionalmente se les colocará una terminación de andadores de madera sobre la estructura.
 - Retiro de 167 m lineales de espigones que sobresaldrían del relleno.

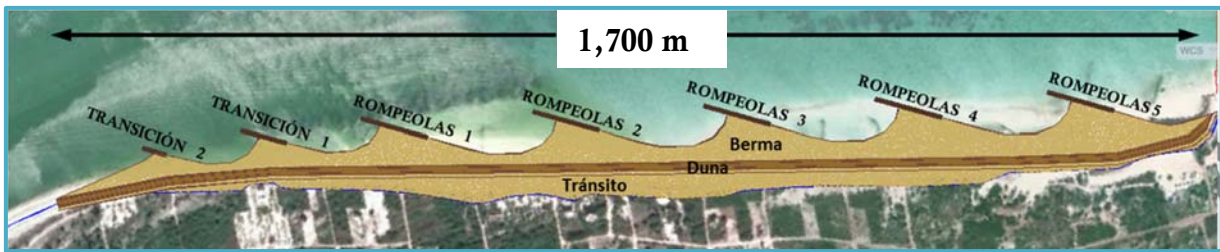


Figura II_ 5. Plano de las obras a implementarse en la Zona Suroeste.

2. **Zona Centro – Segunda Etapa (Figura II_ 6)**, para la recuperación de playa se proponen las siguientes obras:

- Recuperación de la playa: Abarcará 2,000 m lineales de playa y se requerirá de un volumen de 39,000 m³ de arena. Constará de zona de tránsito para vehículos de golf en una sección, duna y playa.
- Conformación y reforestación de la duna costera, con núcleo de tubos de geotextil y 8 m de ancho. Adicionalmente se habilitarán pasos sobre la duna para la preservación de ésta.
- Rehabilitación y ampliación de espigones a base de bolsacreto. Debido a que no se pueden colocar rompeolas, se propone rehabilitar y prolongar los cinco espigones existentes, reorientando el morro para generar bahías en equilibrio. La separación entre espigones es de aproximadamente 70 m y la longitud es variable, además cada espigón tendrá un tapete antisocavación que sobresaldrá 3m a cada lado de las estructuras. Adicionalmente se les colocará una terminación de andadores de madera sobre la estructura.
- Retiro de 60 m lineales de espigones que sobresaldrían del relleno.

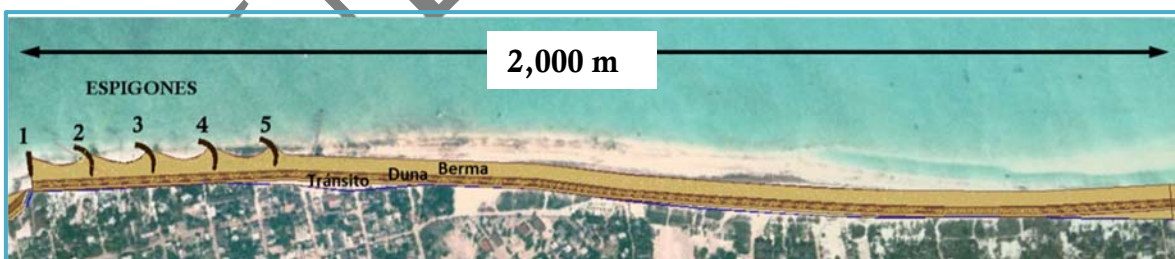


Figura II_ 6. Plano de las obras a implementarse en la Zona Centro.

3. **Zona Noreste – Tercer Etapa (Figura II_ 7)**, para la recuperación de playa se proponen las siguientes obras:

- Recuperación de la playa. Abarcará 1,800 m lineales de playa y se requerirá de un volumen de 108,000 m³ de arena. Constará de zona de recuperación de zona costera, duna y playa.

- Conformación y reforestación de la duna costera, con núcleo de tubos de geotextil y 8 m de ancho. Adicionalmente se habilitarán pasos sobre la duna para la preservación de ésta.

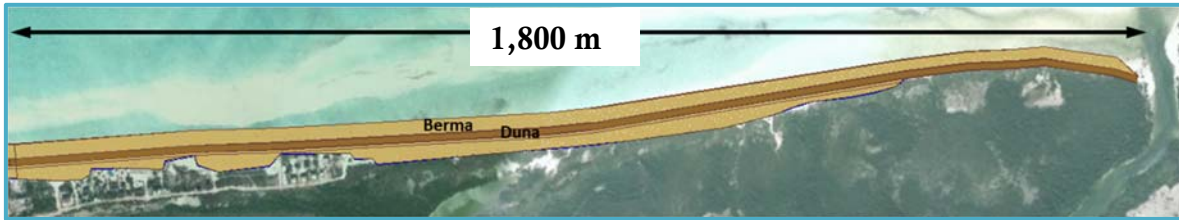


Figura II_ 7. Plano de las obras a implementarse en la Zona Noreste.

La duna se extiende a todo lo largo de la zona de estudio, desde la Zona Suroeste hasta la Zona Noreste, por lo que, con la finalidad de preservar la integridad de la duna y evitar que los turistas la pisen, se establecerán pasos cada determinada distancia dependiendo de la zona, a base de madera dura de la región u otro material durable, similares a los ya instalados frente a los hoteles al Noreste de **Isla Chica (Figura II_ 8)**.



Figura II_ 8. Ejemplo de los pasos de duna.

Para todo el proyecto se busca disponer un volumen de aproximadamente 247,000 m³ de arena, la cual se tomará de una zona de disposición ubicada al frente y poniente de Isla Chica, Holbox (**Figura II_ 9**).

Como se describirá más adelante, en la zona de disposición de arena no hay presencia de pastos marinos, y la extracción se realizará mediante bombeo hidráulico directo hasta la playa. Además, la arena tiene un origen, tamaño de grano y color compatible con el material de la playa.



Figura II_ 9. Ubicación de la zona de disposición de arena.

Las obras y actividades del proyecto abarcarán la zona costera y área marina adyacente de Isla Chica, Holbox, con una superficie total de 116.5 Ha (Tabla II_ 1). Adicionalmente se proponen proyectos ambientales complementarios cuya descripción, alcances, impactos y mitigaciones se describen en un documento anexo.

II.1.1. Dimensiones del proyecto

Tabla II_ 1. Dimensiones del proyecto.

Concepto	Metros cuadrados				Porcentaje respecto a la superficie total del proyecto
	Zona Noreste	Zona Centro	Zona Suroeste	Total	
Recuperación de la playa	55,540 m ²	55,150 m ²	48,900 m ²	159,590 m ²	10 %
• Zona de tránsito	37,885	16,650	36,329	90,864	5 %
Conformación y reforestación de la duna costera. *	15,500 m ²	16,200 m ²	13,700 m ²	45,400 m ²	3 %
Rehabilitación y ampliación de espigones y tapete antisocavación.	-	4,704 m ²	-	4,704 m ²	0.3 %
Habilitación de rompeolas y tapete antisocavación.	-	-	9,880 m ²	9,880 m ²	0.7 %
Zona de disposición de arena.	-	-	-	1,343,600 m ²	81 %
Total del área del proyecto	108,925 m²	92,704 m²	108,809 m²	1,165,038m²	100 %

Las obras sobre salen de 1.5m sobre el N. B. M. I por cuestiones d seguridad, para determinar dicha altura como parte de los trabajos de campo, se realizó el levantamiento de la Zona Federal Marítimo terrestre, tomando el valor de la pleamar máxima

registrada en la zona más cercana de medición que es Isla Mujeres que fue de 0.79 m, considerando también el mismo nivel en Progreso Yucatán y ponderando los niveles así como tomando en consideración el nivel de la playa actual, se proyectó la altura de la berma que es igual a 1.0 m respecto al N.B.M. sobre la cual se medirá la línea correspondiente a la ZFMT de proyecto, es decir; el nivel de playa seca estará ubicado a 1 m respecto al N.B.M.I. Por lo anterior, las estructuras propuestas con una altura de 1.5 m respecto al N.B.M.I. sobresalen respecto de la playa seca 0.5 m. Como referencia, los espigones actuales tienen una elevación de 1 m respecto al N.B.M.I.

Por otro lado, es necesaria una altura de la corona que evite el rebase del oleaje en la fracción expuesta de los espigones de manera frontal al oleaje, considerando una sobreelevación de 1 m del nivel del agua más una altura de ola de 1.1 m en la zona de desplante, la estructura tendría que tener un nivel superior a 2 m, sin embargo; considerando los aspectos de paisaje, se limita dicha altura a 1.5 m, lo cual; no evita el rebase total, pero disminuye el número de olas que rebasan la estructura y sacan la arena de las celdas.

Zona de disposición de arena

Durante la caracterización del sistema ambiental se localizó, una zona de disposición de arena con un espesor promedio de 2m, ubicada desde el Noreste de Isla Chica, Holbox, entre la desembocadura del Río Kuka (a una distancia de 380m, lejos de la zona descanso de flamencos) hasta al frente de Punta Poniente (fuera de la zona de anidación del charran mínimo *Sterna antillarum*, **Figura II_9**).

La superficie total de la zona de disposición de arena es de 134.4 ha (1,343,600 m³) con un volumen disponible de aproximadamente 2,687,200 m³. Para el proyecto se requiere un volumen total de arena de 247,000 m³, por lo tanto, se utilizará aproximadamente el 9 % del volumen total de dicha zona.

II.1.2. Justificación

La necesidad de implementar el proyecto parte del marco de la Política Nacional de Mares y Costas, la cual establece como una línea de acción, la Estrategia 1.4 para **Prevenir el Riesgo**: sensibilizar a las autoridades locales y a la población de las zonas costeras sobre la existencia de riesgos para que adopten medidas de protección y recuperación ante los diferentes fenómenos naturales, así como impulsar la elaboración de obras y acciones dirigidas a mitigar la exposición de la población ante la amenazas de origen natural, en este caso la erosión de la línea de costa que colleva a la pérdida de bienes nacionales.

Es por ello, que se impulsan acciones que permiten afrontar la problemática de erosión que se presenta en nuestras costas mexicanas con el objetivo primordial de reintegrar las funciones y servicios que brinda la zona costera, como es el caso de la Isla Chica, Holbox donde casi el 70 % de la playa presenta problemas de erosión, generados desde

hace varias décadas como resultado de las actividades antropogénicas y los embates de los fenómenos hidrometeorológicos de gran magnitud.

Holbox, es una isla de barrera localizada en la zona norte de la península de Yucatán, dentro del estado de Quintana Roo, a 12 Km del Puerto de Chiquilá y a 160 km de Cancún, en las coordenadas 21° 31' Latitud Norte y 87° 23' Longitud Oeste y tiene una extensión a lo largo de 43 km. Es la mayor cadena de islas bajas y angostas, entre Boca de Jojón y Boca Conil, que dan acceso a la Laguna de Yalahau.

La importancia de Isla Chica, Holbox radica en que es uno de los sitios turísticos más importantes del estado de Quintana Roo, con una estructura de servicios basada en su potencial de capital natural. Holbox forma parte del Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam decretada el 6 de junio de 1994 como área de protección. Es refugio de especies en peligro de extinción, por lo que es sede de proyectos turísticos sustentables con un impacto mínimo en los diversos ecosistemas, fauna y vegetación endémica en la zona.

II.1.3. Selección del sitio

El sitio donde se desarrollará el presente proyecto fue seleccionado por las siguientes condiciones:

- Se requieren de acciones para controlar los procesos de erosión en la costa de Holbox, ya que a pesar que desde los años ochenta, se han realizado obras a base de espigones de bolsacreto, cuyos resultados parciales han obligado a continuar colocando series adicionales de estas estructuras, la zona se sigue erosionando y dichas estructuras han perdido su funcionalidad (**Figura II_ 10, A y B**).
- Se cuenta con un fácil acceso. La forma más usada para acceder a la isla es por vía marítima desde el Puerto de Chiquilá,
- La existencia de infraestructura requerida para poder desarrollar el proyecto (agua potable, luz, vialidades, telefonía, etc.),
- Se encuentra en una zona con un gran potencial para uso eco turístico,
- Detener la pérdida y conservar la diversidad biológica de los ecosistemas costeros y sus servicios ecosistémicos (**Figura II_ 10, C y D**), y
- Requiere de la implementación de acciones que permitan el restablecimiento de las funciones y servicios de la costa en la isla de Holbox (**Figura II_ 10, E y F**).
- Evitar la pérdida de la propiedad privada y por ende del patrimonio, así como mermar los daños a Isla Chica durante algún evento hidrometeorológico (**Figura II_ 11**).

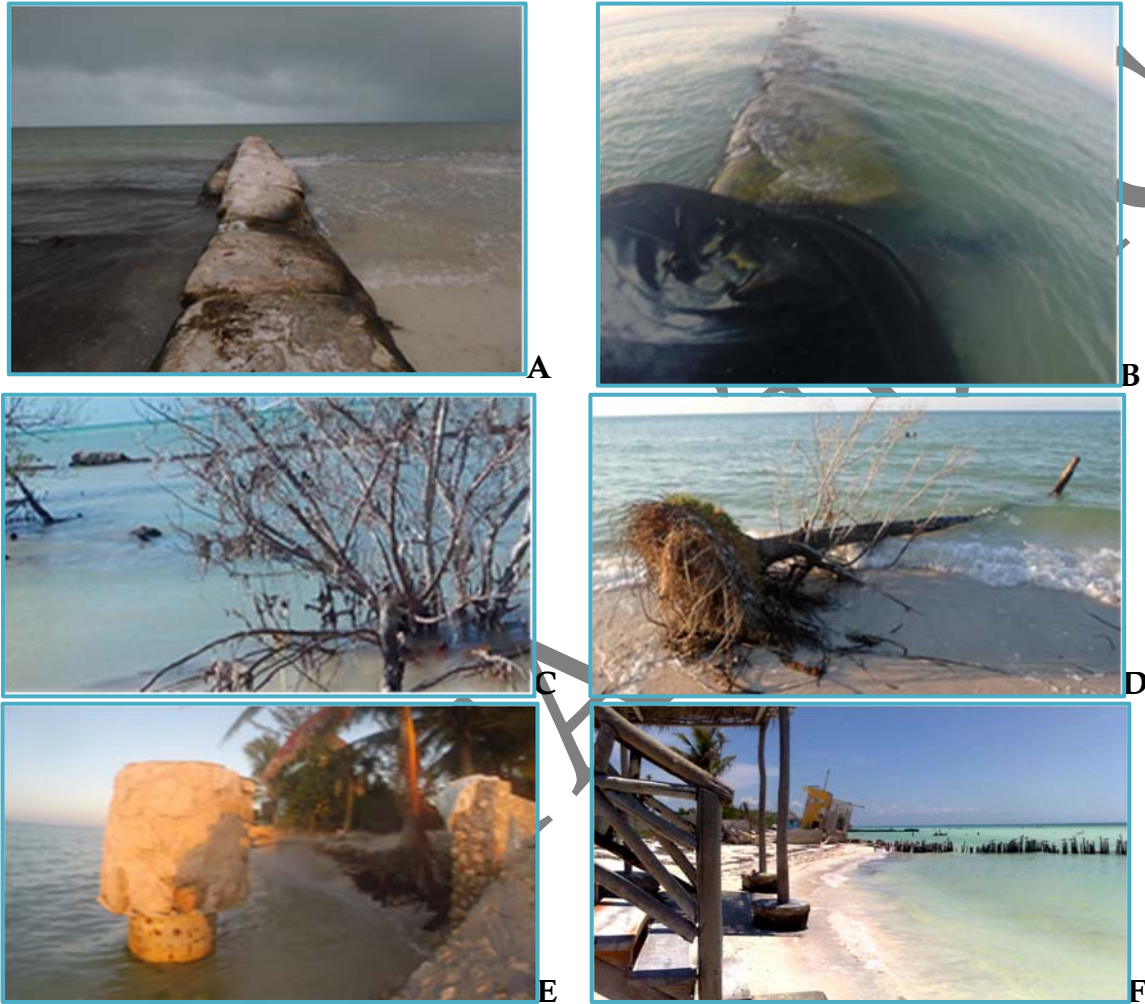


Figura II_ 10. Fotografías del área del proyecto. A y B) espigones establecidos en los años ochenta, C) pérdida de la cobertura de mangles al Noreste de la Isla, D) pérdida de la duna y de las especies vegetales, E y F) pérdida de la infraestructura.



Figura II_ 11. Fotografías del área del proyecto durante un evento hidrometeorológico.

II.1.1. Ubicación física del proyecto y planos de localización

El proyecto se desarrollará en la Isla Chica de Holbox, Municipio de Lázaro Cárdenas, Quintana Roo. Las obras del proyecto se presentan en el sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), datum WGS84 16N, de la recuperación de la playa y duna costera de la Zona Noreste, Centro y Suroeste se muestran en la **Figura II_ 12**, **Figura II_ 13** y **Figura II_ 14** respectivamente, las de la habilitación de rompeolas en la **Figura II_ 15**, de la rehabilitación y ampliación de espigones en la **Figura II_ 16** y las de la zona de disposición de arena en la **Figura II_ 17**.

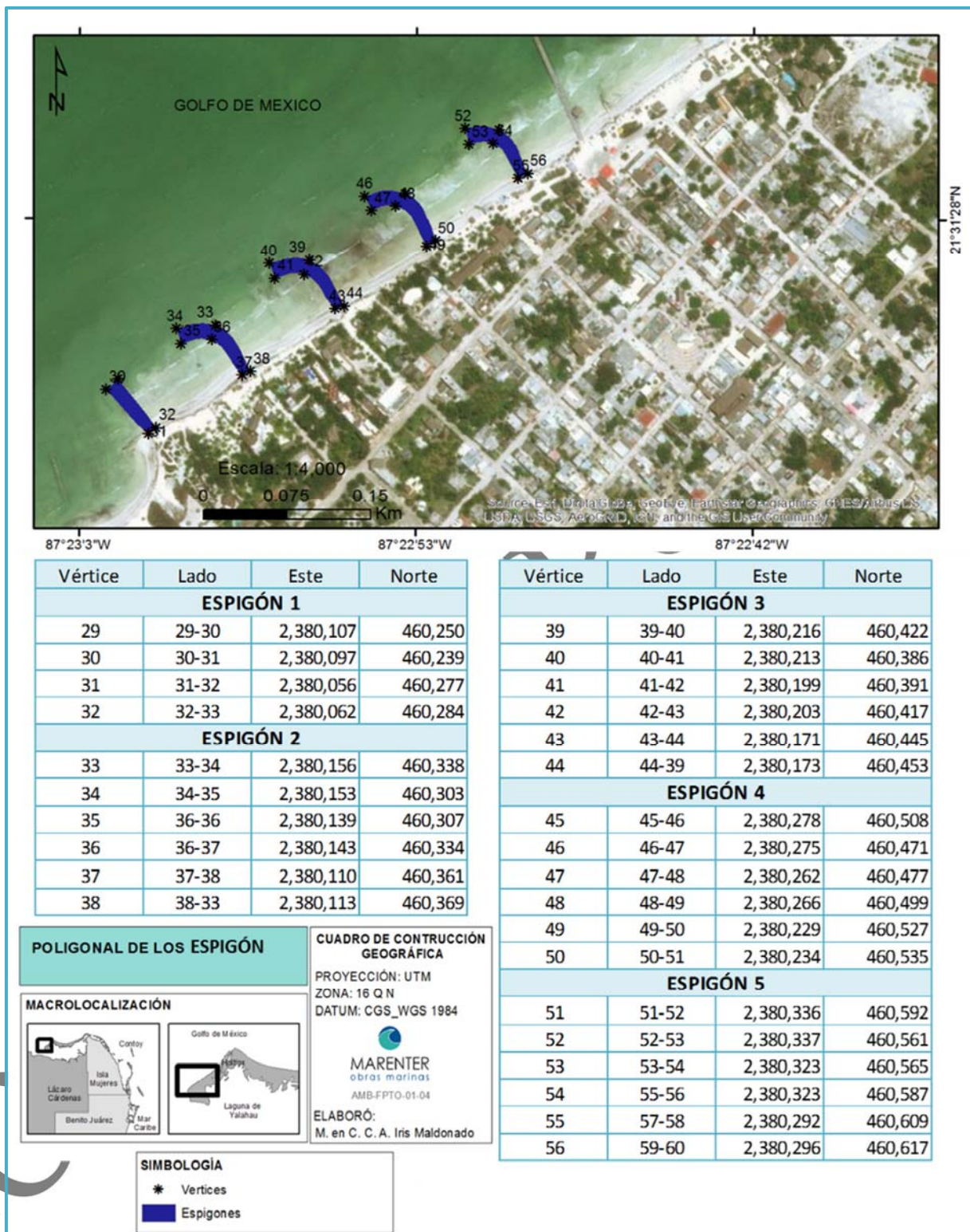


Figura II_ 12. Mapa con los cuadros de construcción en coordenadas UTM, de los espigones.

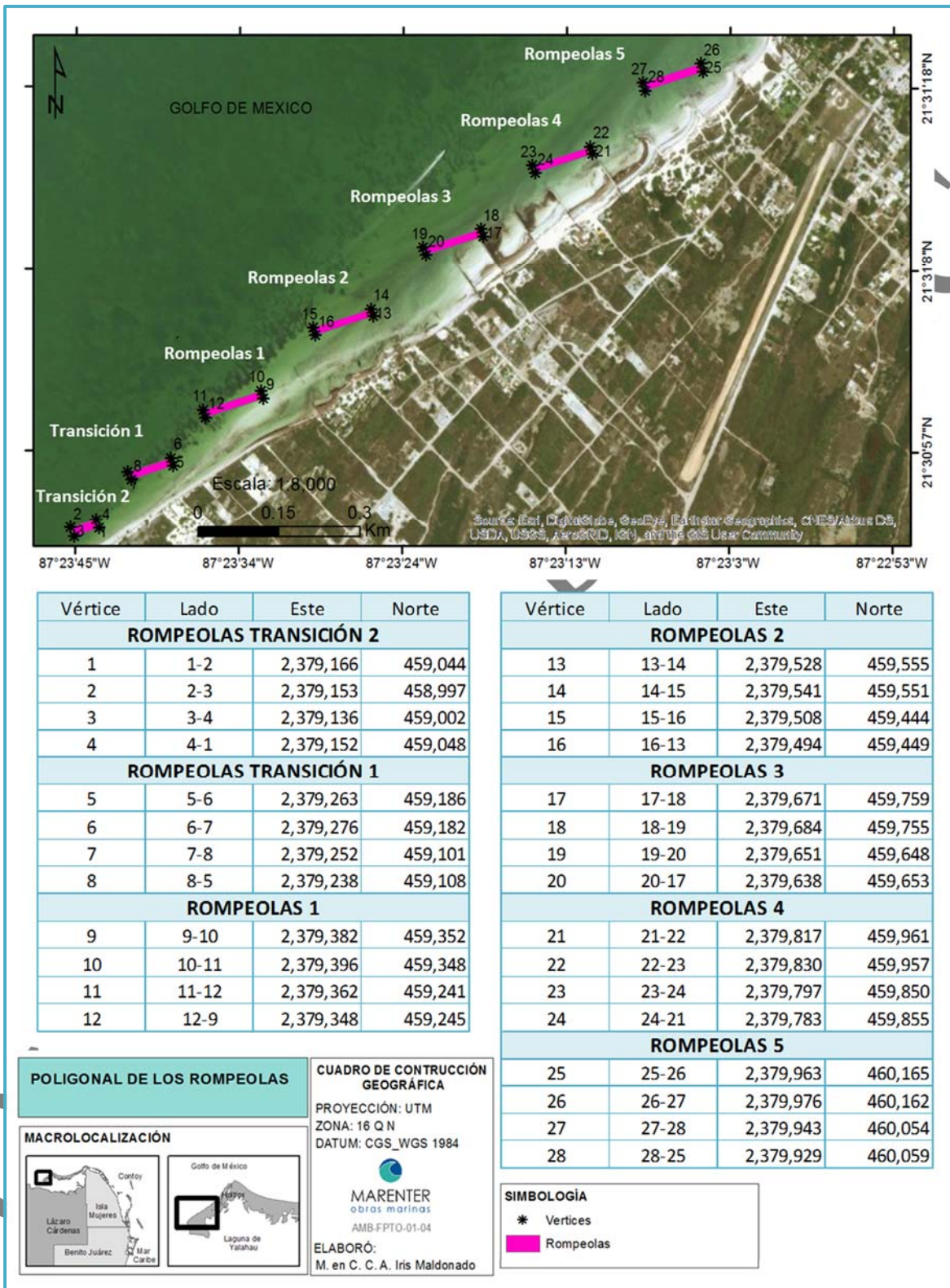


Figura II_ 13. Mapa con el cuadro de construcción en coordenadas UTM de los rompeolas.

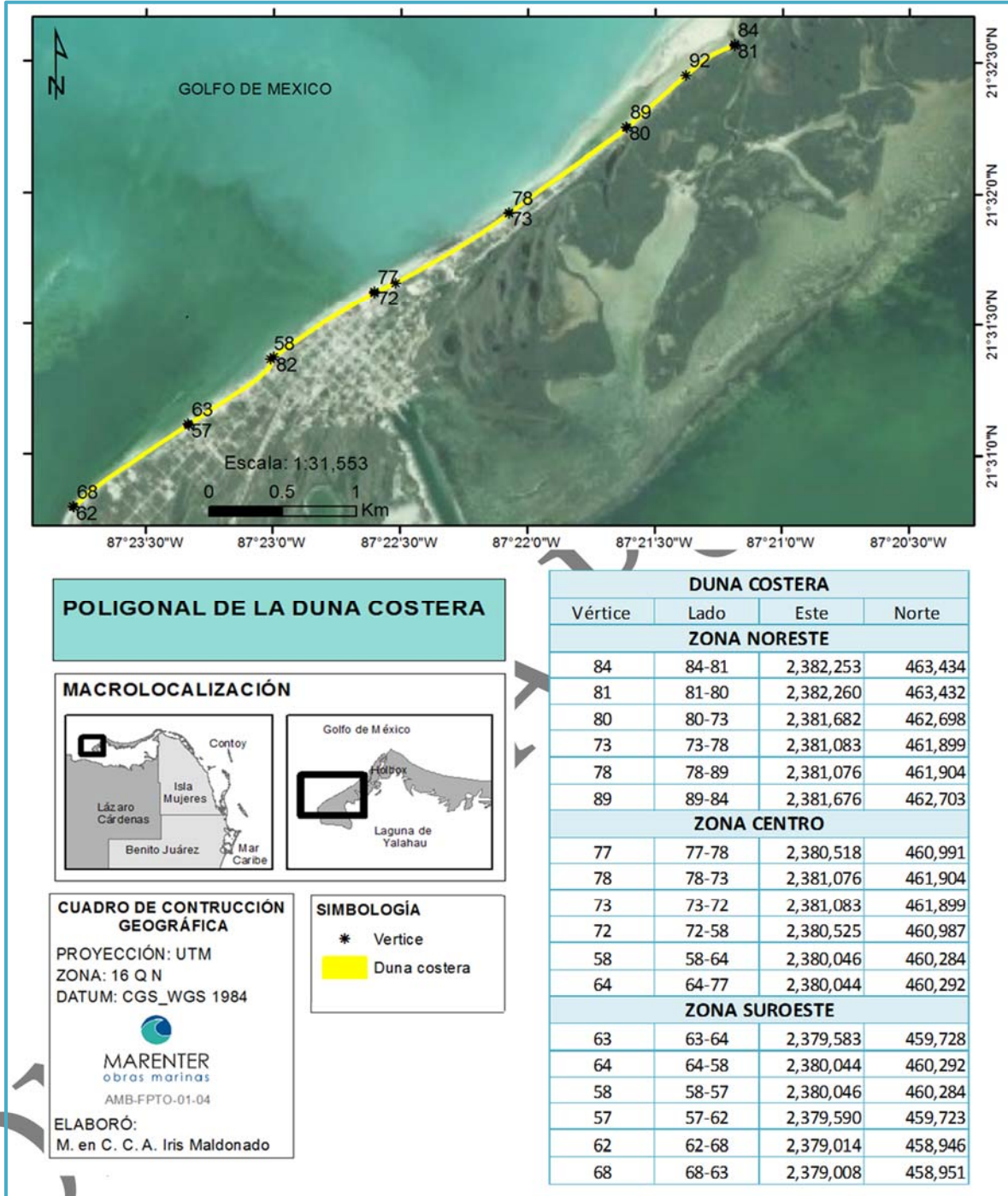


Figura II_ 14. Mapa con el cuadro de construcción en coordenadas UTM de la duna costera.

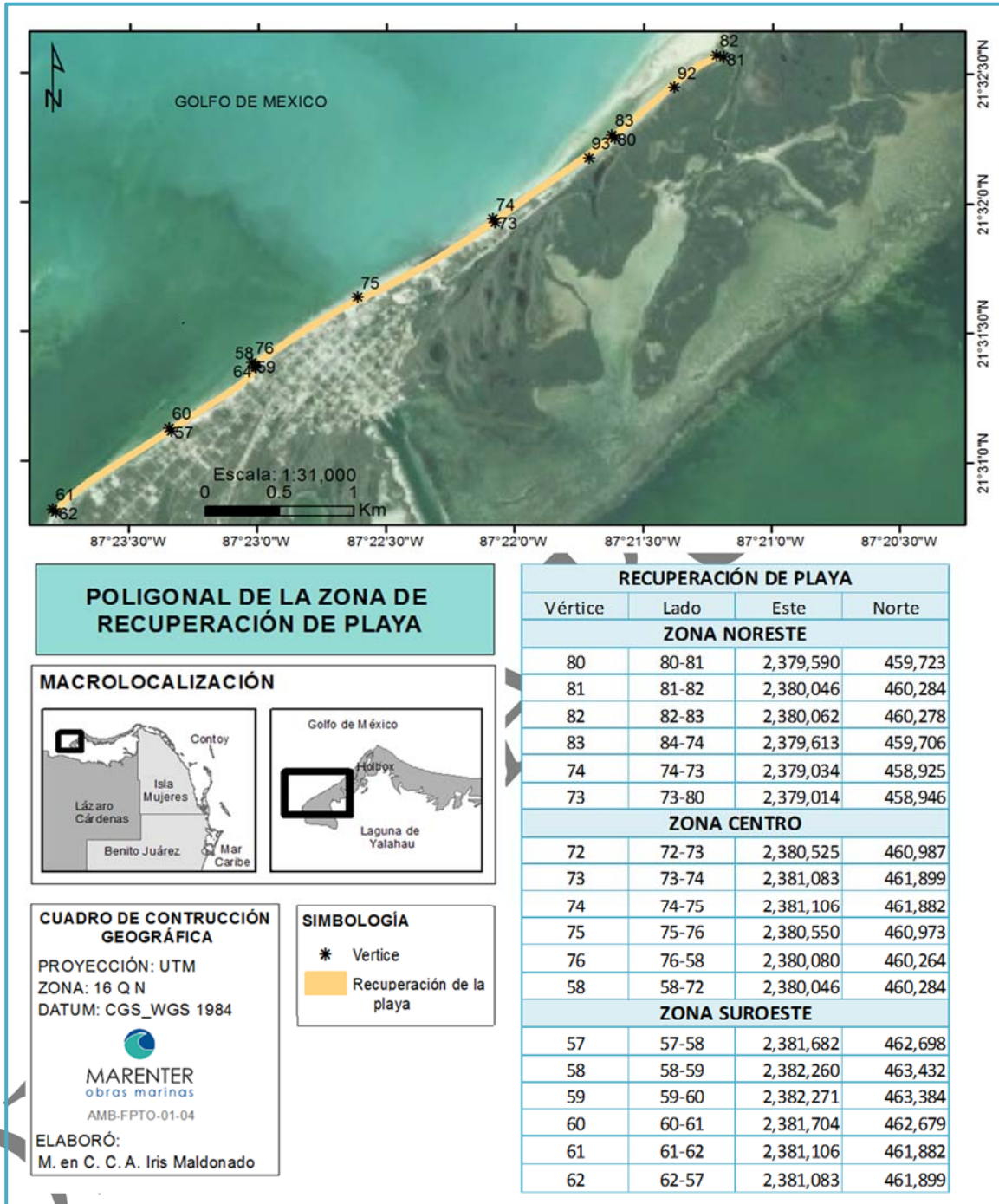


Figura II_ 15 Mapa con el cuadro de construcción en coordenadas UTM de la recuperación de playa.

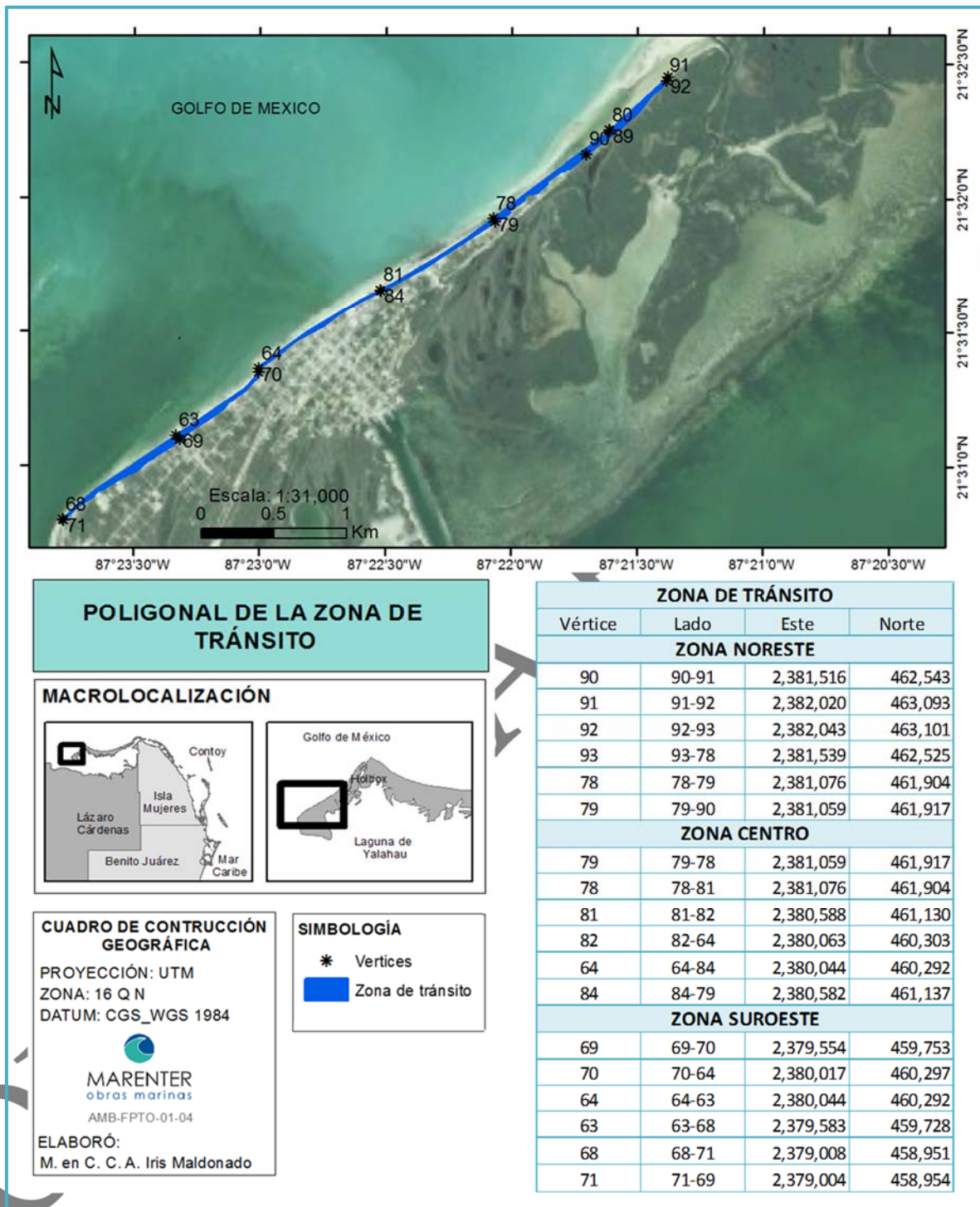


Figura II_ 16 Mapa con el cuadro de construcción en coordenadas UTM de la zona de tránsito.

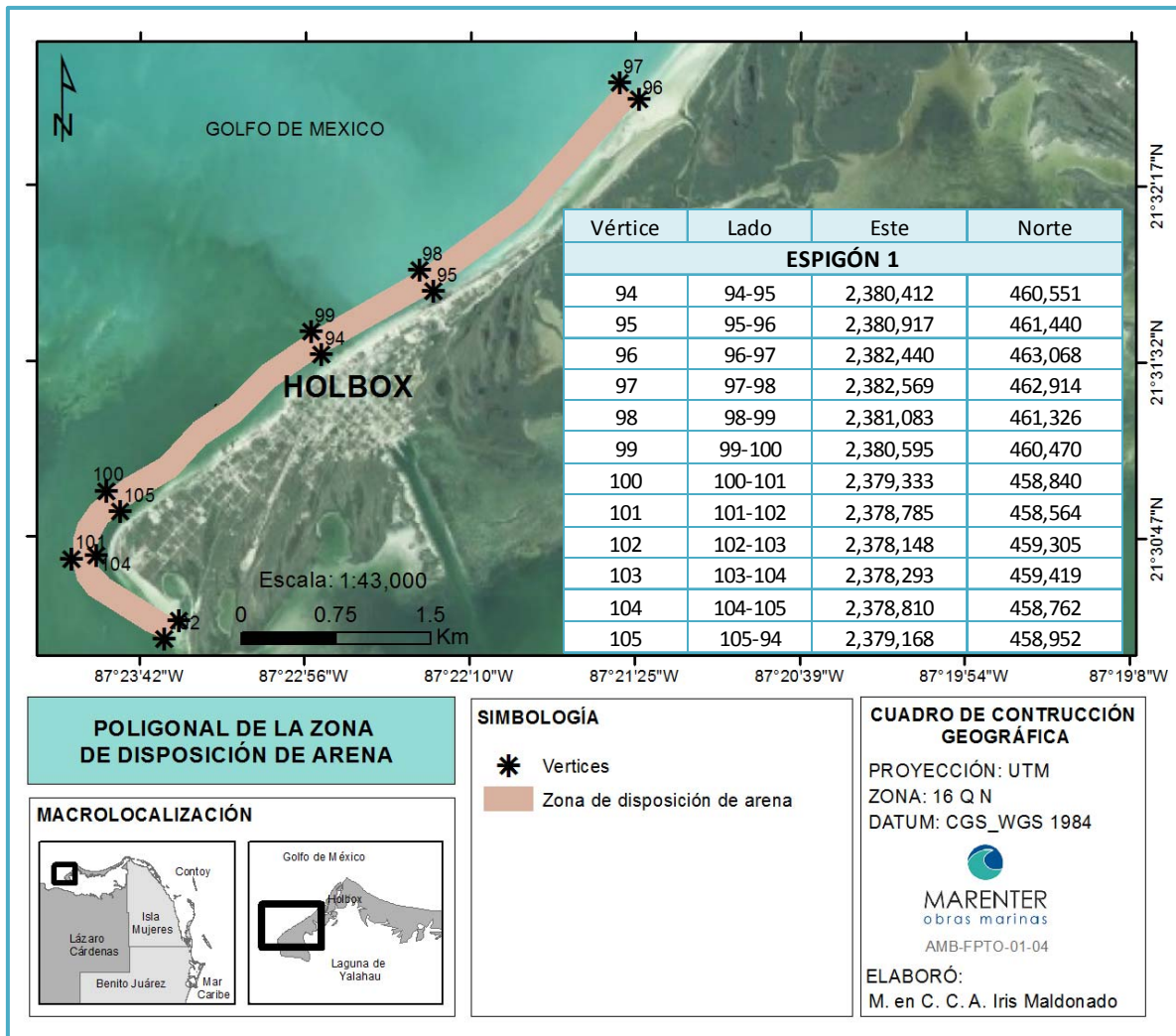


Figura II_ 17 Mapa con el cuadro de construcción en coordenadas UTM de la ubicación de la zona de disposición de arena.

II.1.1.1. Colindancias del sitio del proyecto

El proyecto se localiza en la zona costera sobre la Zona Federal Marítimo Terrestre (playa) y área marina adyacente a Isla Chica, Holbox, desde Punta Poniente hasta el Río Kuká (Figura II_ 18, A), presentando las siguientes colindancias:

- Norte: Golfo de México (Figura II_ 18, B),
- Este: Río Kuká y sección de Isla Grande, Holbox (Figura II_ 18, D),
- Sur: Punta poniente, poblado de Holbox, comercios turísticos y servidores de actividades náuticas recreativas (Figura II_ 18, C), y
- Oeste: Golfo de México (Figura II_ 18, E).



Figura II_ 18. Colindancias del proyecto. A) Ubicación general, B-C) Norte, D) Este, E-F) Sur, G) Oeste.

II.1.2. Inversión requerida

Se considera que para la realización del proyecto y para la implementación de medidas ambientales se requerirá de una inversión total de \$ 109,953,000.00 pesos M. N. (ciento nueve millones, novecientos cincuenta tres mil pesos), de los cuales \$88,953, 000 pesos M. N. (ochenta y ocho millones, novecientos cincuenta tres mil pesos) se destinarán para la ejecución de la obra y \$ 21,000,000 pesos M. N. (veintiún millones de pesos) para la implementación de proyectos ambientales.

II.1.3. Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.

El proyecto en su mayor parte se encuentra ubicado en la ZOFEMAT y zona marina de Isla Chica; Holbox no posee un Plan de Desarrollo Urbano como tal, sin embargo, se asienta el poblado, en el centro turístico y actividades náuticas recreativas, existen terrenos frente al mar que poseen concesiones de Zona Federal Marítimo Terrestre, así como bares y restaurantes que brindan servicio a los turistas.

Dado que el objetivo del presente proyecto es mejorar la zona costera, sin contravenir los usos de suelo establecidos por los instrumentos normativos en materia ambiental aplicables, se considera a las obras y actividades, compatibles con los usos de suelo autorizados.

II.1.4. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

El área en la que se encuentra el proyecto es colindante con la zona urbana de Isla Chica Holbox, cuenta con servicios como son: alumbrado público, energía eléctrica, telefonía fija y celular, agua potable y drenaje, calles de arena.

Los medios de acceso hacia el sitio de pretendida ubicación del proyecto, son los siguientes:

- Vía terrestre. - A través de las vialidades de la Isla, a la cual hay que llegar vía marítima desde el embarcadero de Chiquilá.
- Vía aérea. - Su arribo es utilizando el aeropuerto, ubicado en la parte Suroeste de Isla Chica.
- Vía marítima. - Se arriba usualmente del embarcadero de Chiquilá o usando alguno de los muelles de las ciudades cercanas.

Comunicaciones: existe red de internet, telefonía y correo, que cubren los requerimientos demandados por el desarrollo de la zona.

Dada la naturaleza del proyecto a realizarse en la zona costera, no se requerirá de la prestación de servicios extraordinarios ni se comprometen los recursos urbanos que se ofrecen en la localidad.

II.2. Características particulares del proyecto, plan o programa

De forma general los trabajos a realizar consistirán en: demolición de estructuras actuales, fabricación y colocación de cimbra de bolsa geotextil rellena de mortero para tapete y cuerpo de estructuras de estabilización tipo rompeolas, fabricación, transporte y colocación de cubos ranurados de concreto para construcción de rompeolas, suministro e instalación de geotubo como núcleo de duna, disposición y conformación de material producto de dragado por bombeo hidráulico para relleno de playa, instalación de pasos sobre duna y andadores de madera sobre espigones.

II.2.1. Estructura de estabilización

Por la dinámica del oleaje que desplaza continuamente la arena de la playa, es necesario disponer de estructuras que modifiquen de manera conveniente esta situación. Su diseño seguirá los presentes criterios:

- Garantiza efectividad.
- No interrumpe el paso de la arena a lo largo de la playa, para no generar efectos adversos aguas abajo.
- Estable, reversible y seguro.
- No afecta el paisaje.

II.2.1.1. Diseño efectivo

II.2.1.1.1 Zona Centro

En la Zona Centro de Isla Chica se han seleccionado espigones como estructuras para prevenir la erosión de la playa, debido a que existen estructuras previas, que a pesar de presentarse caídos y fracturados, su longitud efectiva no se ve comprometida (**Figura II_19**). El análisis de recuperación de playa estableció que con una modificación de dichas estructuras en su diseño (deflexión en la parte frontal del espigón paralela a los frentes del oleaje) es más efectivo para retener sedimento en ésta zona, inclusive al presentarse oleaje de alta energía (**Figura II_20**).



Figura II_19. Espigones existentes en la Zona Centro del proyecto.

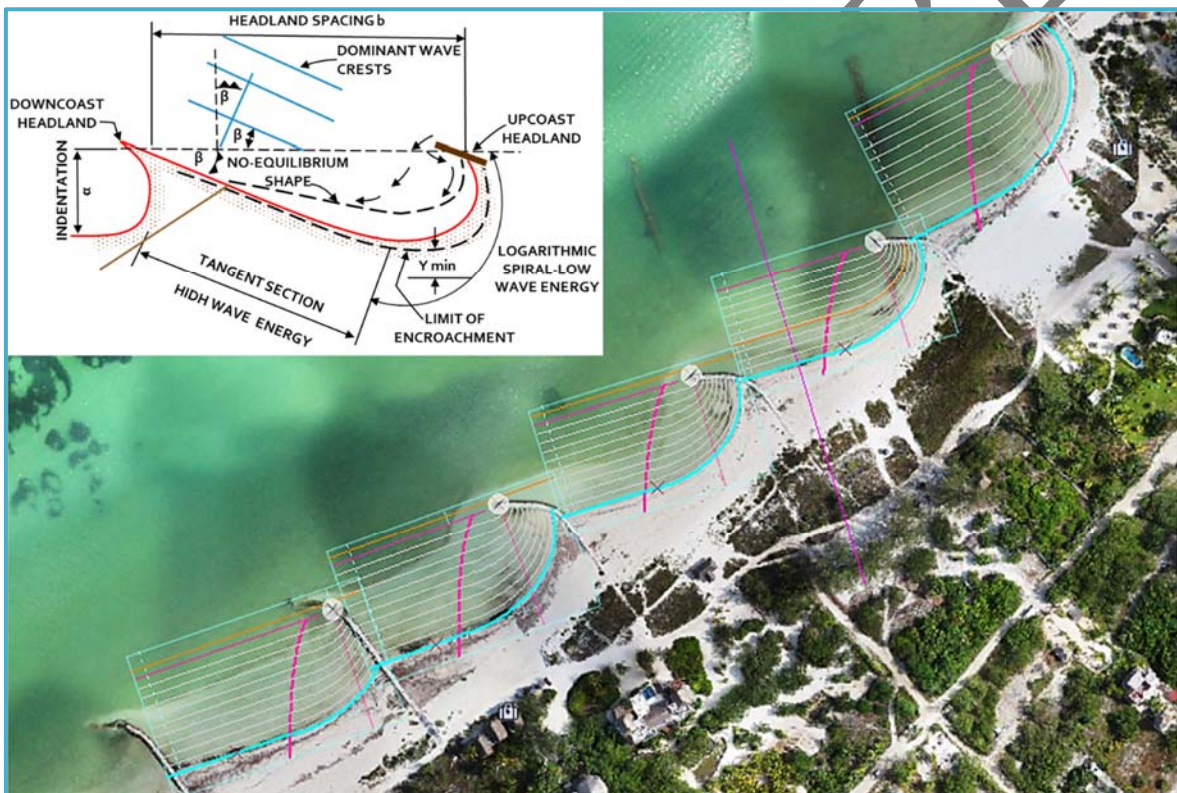


Figura II_20. Análisis de la recuperación de la playa en los espigones existentes en la zona centro.

II.2.1.1.2 Zona Suroeste

En la Zona Suroeste de Isla Chica se han seleccionado rompeolas como estructuras desligadas de la playa y orientadas de tal forma que abata la energía del oleaje en su dirección de incidencia predominante, generando una difracción que fomenta el depósito de arena y ayuda a minimizar su desplazamiento.

Una parte de la energía del oleaje incidente será reflejada por el rompeolas y otra parte será difractada generando un abanico de olas que tienden a converger en un punto entre el rompeolas y la costa. Esta situación propicia que la arena se deposite enfrente de la estructura generando una saliente. La formación o depósito de arena al crecer lo suficiente retendrá la arena con lo que se estabilizará la playa (**Figura II_ 21**).

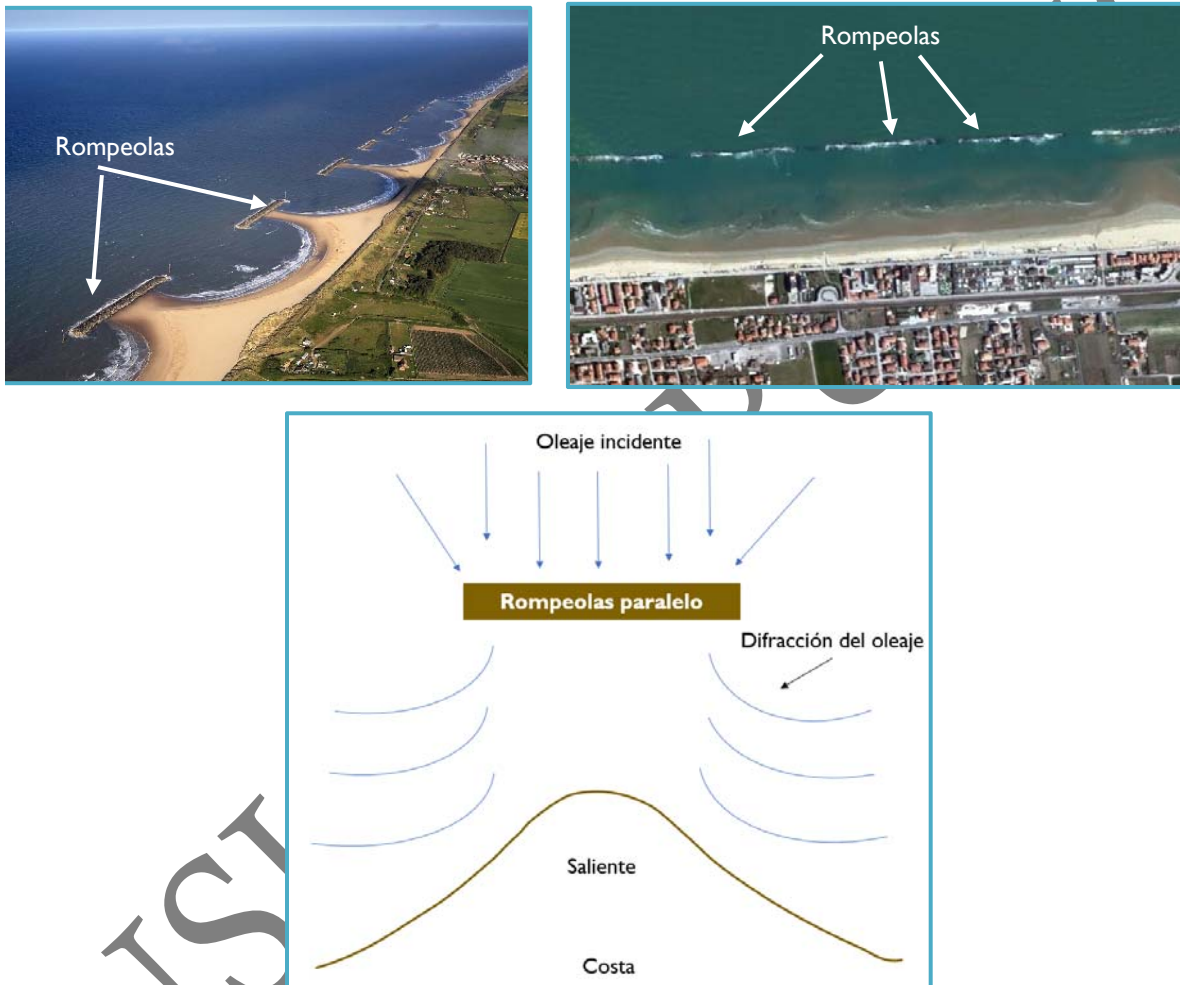


Figura II_ 21. Efecto de la presencia de un rompeolas paralelo.

Las obras están proyectadas para evitar la fuga de la arena recuperada de la playa. Su diseño no justifica evitar el rebase del oleaje. Por razones de paisaje, los elementos de los rompeolas sobresaldrán del mar solamente 1.5 m sobre el N. B. M. Cuando se presenten oleajes de mediana intensidad, las olas romperán sobre los rompeolas y la generación de espuma disimulará su presencia.

El diseño de los rompeolas sobresaliendo es para operar satisfactoriamente promoviendo la permanencia de la arena en la playa durante oleajes normales. En marejadas

extraordinarias estos elementos serán superados y los efectos en la playa ya mejorada, dependerán de la intensidad y duración del fenómeno que las generan.

Una vez revisado el arreglo de rompeolas propuesto con la justificación técnica efectuada, se concluye que con el desplante de rompeolas se garantiza la creación de salientes, lo que tiene como consecuencia el acrecentamiento y recuperación de la zona costera.

II.2.2. Programa general de trabajo

La etapa de Preparación del Sitio y Construcción tendrá una duración de 10 años. El programa de ejecución permitirá la realización de obras parciales para beneficiar toda una zona o parte de un tramo específico de la playa. Esto dependerá de los fondos económicos disponibles y las condiciones climáticas favorables.

Por lo que se podrían iniciar la implementación de las obras por secciones, es decir habilitar primero un rompeolas o rehabilitar determinado espigón o bien relocalizar arena en una parte de la playa. Por lo mismo, las obras podrán iniciarse en alguna o simultáneamente varias de las zonas en que se divide el proyecto.

Lo anterior con la finalidad de permitir ejecutar obras parciales de pequeños tramos, siempre y cuando se cumplan las especificaciones del diseño en cuanto tipo de obras, localización en el proyecto y así mismo se observen las medidas de mitigación establecidas en el Capítulo VI.

En la **Tabla II_ 2** se establece el programa general de trabajo donde se considerará que cada zona del proyecto iniciará en el mes uno como punto de inicio de los 10 años para la implementación de las obras.

Para la etapa de operación y mantenimiento se establece un periodo de 25 años, la cual iniciará al término de la habilitación de las obras de cada zona (Noreste, Centro y Suroeste).

Tabla II_ 2. Programa general de trabajo para las tres etapas del proyecto.

Obras y Actividades	Meses										Años				
	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	110	11	25
PREPARACIÓN DEL SITIO															
1. Implementación del proyecto															
Planeación de actividades.															
Seguimiento del proyecto y condicionantes ambientales															
2. Preparativos iniciales de la zona de obras															

Obras y Actividades	Meses												Años			
	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	110	11	25	
Movilización-Traslado de material y maquinaria		■														
Trabajos pre-operativos y habilitación de obras auxiliares		■	■													
Rescate de la vegetación en zona de playa			■	■	■											
CONSTRUCCIÓN																
3. Retiro de espigones existentes – Actividades exclusivas de las Zona Suroeste y Centro																
Demolición de bolsacretos y ajuste a niveles de proyecto				■	■	■	■									
Disposición del material demolido en las áreas establecidas en el proyecto				■	■	■	■	■								
4. Formación de los tapetes antisocavación para espigones y rompeolas																
Fabricación de mortero con arena de playa				■	■	■	■	■								
Colocación, fijación y llenado con mortero de las bolsas de cimbra				■	■	■	■	■								
5. Formación del cuerpo de los espigones - Actividad exclusiva de la Zona Centro																
Fabricación de mortero con arena de playa				■	■	■	■	■								
Colocación, fijación y llenado con mortero de las bolsas de cimbra				■	■	■	■	■								
6. Formación del cuerpo de los rompeolas - Actividad exclusiva de la Zona Suroeste																
Fabricación y transporte al sitio de construcción de bloques de concreto				■	■	■	■	■								
Colación de estructuras en el área del proyecto				■	■	■	■	■								
7. Relleno artificial de la playa – relocalización de arena																
Vertimiento de arena sobre la playa y formación de tarquinas			■	■	■	■	■	■	■							
8. Núcleo de la duna																
Instalación de tubo de geotextil y tapete antisocavación para núcleo de duna					■	■	■	■								
Llenado de tubo de geotextil a líneas y niveles de proyecto.					■	■	■	■								
9. Habilidadación de pasos y andadores peatonales de madera																
Acondicionamiento de áreas de instalación								■	■	■						
Trazos, referencias e instalación de andadores								■	■	■	■					
10. Colocación de letreros informativos																
Elaboración e instalación de letreros		■	■	■												
11. Reforestación de la duna																
Mantenimiento de la vegetación rescatada			■	■	■	■	■	■								

Obras y Actividades	Meses												Años		
	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	110	11	25
Adquisición y traslado de la vegetación necesaria					■	■	■	■							
Siembra de la vegetación y mantenimiento										■	■	■			
12.- Limpieza de área al final del proyecto															
Retiro de maquinaria, obras auxiliares, etc.												■	■	■	
Limpieza del área del proyecto												■	■	■	
13.- Seguimiento Ambiental															
Implementación de las medidas de mitigación ambiental	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Seguimiento de términos y condicionantes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO															
Actividades de mantenimiento														■	■
Implementación de las medidas de mitigación ambiental														■	■
Seguimiento de términos y condicionantes														■	■

II.2.1. Representación gráfica regional

El proyecto a nivel regional se ubica en la Isla Chica de Holbox, Municipio de Lázaro Cárdenas, Quintana Roo. Las coordenadas extremas del proyecto se presentan en el sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), datum WGS84 16N, cuya representación gráfica se presenta en la **Figura II_ 22**.

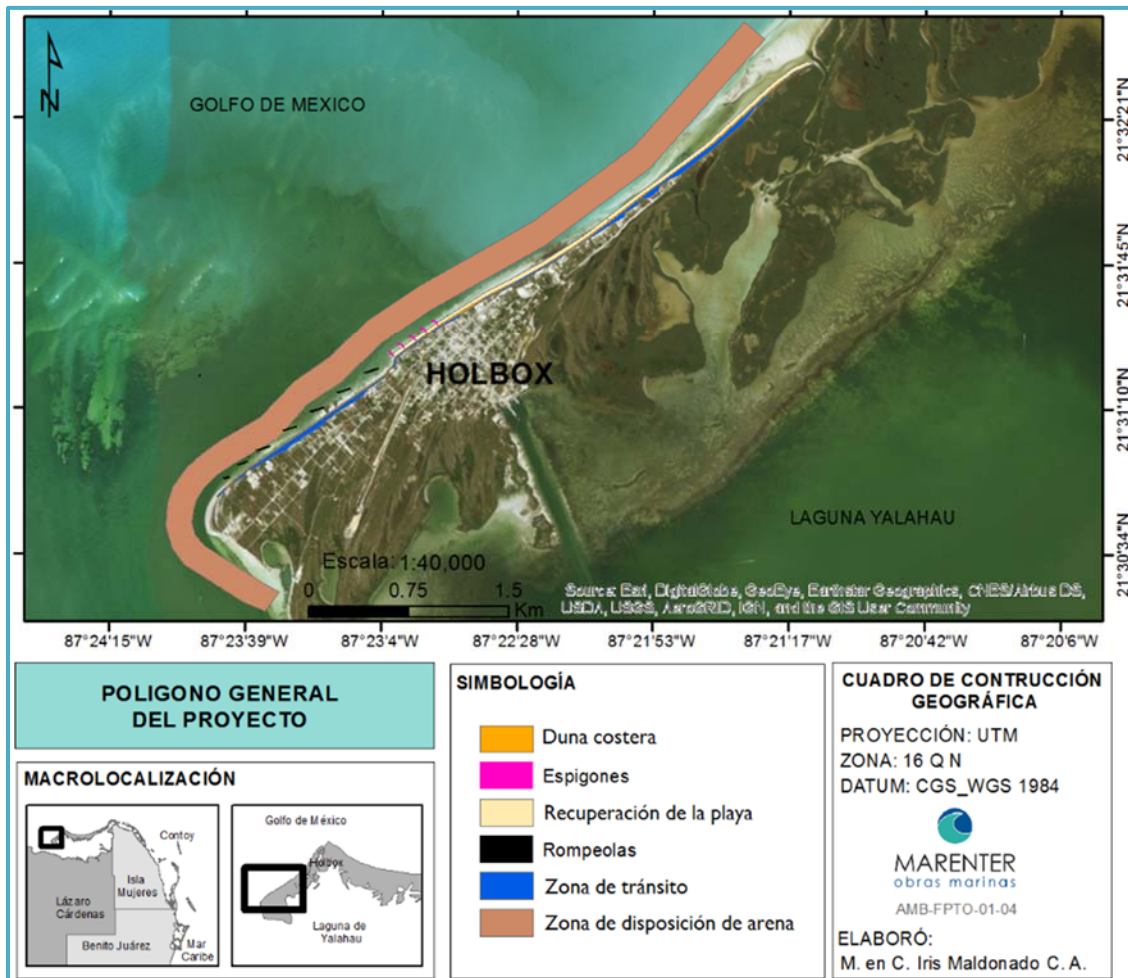


Figura II_22. Representación gráfica regional.

II.2.2. Preparación del sitio

Preparativos iniciales: En esta etapa se realizarán todas las actividades necesarias para iniciar el proyecto como lo es la contratación de personal, traslado de personal, maquinaria, etc., así como la limpieza de vegetación de las secciones que lo requieran o el rescate de la vegetación.

II.2.2.1. Permisos previos

Una vez autorizado el proyecto, se procederá a tramitar los permisos correspondientes de acuerdo a lo estipulado en el resolutivo y cumpliendo con otras autoridades a nivel municipal, estatal y federal.

II.2.2.2. *Implementación del proyecto*

II.2.2.2.1 Planeación de actividades

Previa a cualquier actividad del proyecto se realizarán reuniones de trabajo con los contratistas y los grupos de trabajo involucrados, con la finalidad de dar a conocer las características específicas de las obras a implementar, así como establecer las metas, los responsables, recursos, resultados esperados, etc.

II.2.2.2.2 Seguimiento del proyecto y condicionantes ambientales

Una vez obtenida las autorizaciones correspondientes, el responsable ambiental realizará un seguimiento puntual, en tiempo y forma, a las condicionantes estipuladas para cada de las etapas del proyecto.

II.2.2.3. *Preparativos iniciales de la zona de obras*

II.2.2.3.1 Movilización-Traslado de material y maquinaria

Se llevará al área del proyecto todos los materiales y equipos necesarios para su desarrollo.

II.2.2.3.2 Trabajos pre-operativos y habilitación de obras auxiliares

Desde la etapa de preparación del sitio hasta la formación de la duna, se implementarán las siguientes obras provisionales:

- 1. Reubicación de fauna terrestre.** - Las acciones correspondientes a la fauna encontrada en la zona de extracción de arena, se describen en el apartado correspondiente.
- 2. Limpieza del Sitio.** -Se realizará la liberación del sitio de alimentación artificial o relleno de los obstáculos que pudieran interferir con las obras. Pudiendo existir estructuras de palapas en abandono, relictos de árboles o arbustos y escombros de construcciones.
- 3. Trazo y nivelación.** - Previamente a la construcción de los rompeolas se marcará el eje de la obra y se delimitará la zona en que se desplantará, mediante estacas en la parte de tierra e hincando varillas en forma firme en el fondo de la parte de agua unidas entre sí con hilos.
- 4. Señalamiento y dispositivos de seguridad.**- Durante la obra se diseñarán y colocarán señalamientos en el área de playa, patio de maniobras, oficina, baños,

con la finalidad de promover la seguridad en el trabajo, así como el cuidado al medio ambiente (**Figura II_ 23**). Algunos ejemplos de las leyendas con que contarán éstos letreros son:

- Hombres trabajando.
- Precaución.
- Colocar la basura en su lugar o prohibido tirar basura.
- No extraer organismos.



Figura II_ 23. Ejemplo de señalamientos.

5. **Instalación de servicios.** - En la zona de la obra se llevará acabo la instalación de los contenedores para la recolección de los residuos por tipo específico de residuo, en sitios de fácil acceso y debidamente rotulados y con tapa, con el objeto de evitar la dispersión de los residuos al aire libre.
6. **Patio de maniobras:** Durante toda la obra se implementará un patio de maniobras donde se concentren diversas obras que ayuden en el desarrollo de la obra, el cual será instalado en un área desprovista de vegetación, será de tamaño adecuado a las necesidades, y estará bardeado con elementos removibles (malla).

En dicho patio de maniobras se ubicarán las siguientes obras provisionales:

- Bodega de materiales,
- Caseta de vigilancia, misma que será desmontable,
- Baños portátiles a razón de al menos 1 por cada 15 trabajadores,
- Dormitorios,
- Comedor,
- Vivero provisional (para la recepción de los ejemplares a reforestar),
- Almacén temporal de agua,
- Almacén temporal de residuos (debidamente separados).

7. **Oficina de obra:** Durante toda la obra se contará con una caseta tipo de obra portátil que fungirá como oficina, la cual se desplazará conforme al avance del proyecto.

8. **Baños:** Para el desarrollo del presente proyecto se utilizarán sanitarios portátiles de tipo “Sanisecos” y serán manejados por una empresa especializada en su manejo que ya opera en Holbox. Los baños portátiles se desplazarán conforme al avance del proyecto, con una relación de un módulo por cada 15 colaboradores, así como 5 regaderas. Cabe señalar que las aguas residuales serán manejadas mediante la utilización de un biodigestor con la capacidad suficiente para su manejo y será desazolvado periódicamente a través de una empresa especializada y autorizada para el destino final de los residuos resultantes.
9. **Bodega provisional:** Conforme al avance del proyecto, se establecerá una bodega provisional para el resguardo de equipo y herramientas de trabajo necesarias para el día a día en predios libres de vegetación y con el permiso de los propietarios. Sus dimensiones variaran conforme los requerimientos, ésta podrá ser prefabricada o a base de hojas de triplay (**Figura II_24**).



Figura II_24. Ejemplo de bodega provisional.

10. **Equipo para bombeo:** Para llevar a cabo la relocalización de la arena se requerirá de las siguientes acciones:
- Conexión a la toma de alimentación eléctrica, proporcionada por las instalaciones locales o en su caso por generadores eléctricos.
 - Colocación de tubería para bombeo de arena desde la zona de disposición de arena hasta la playa.
 - Instalación de bombas eléctricas sumergibles acopladas a la tubería de bombeo.
 - Colocación de mallas anti-dispersión para instalarse al inicio de las operaciones.
 - Colocación de las boyas de señalización para prevenir interferencia con bañistas, personal de los hoteles y/o embarcaciones, así como la señalización de la zona de disposición de arena.

II.2.2.3.3 Rescate de la vegetación en zona de playa

Previo a cualquier vertimiento de arena, habilitación de la duna o modificación de la zona costera (playa), se realizará el rescate de los ejemplares de flora y su preservación en un vivero hasta su reubicación en la duna habilitada. Dichas actividades se establecerán dentro del “Programa de rescate y conservación de flora”.

II.2.3. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

De forma general los trabajos a realizar consistirán en: demolición de estructuras actuales, fabricación y colocación de cimbra de bolsa geotextil rellena de mortero para tapete y cuerpo de estructuras de estabilización tipo rompeolas, fabricación, transporte y colocación de cubos ranurados de concreto para construcción de rompeolas, suministro e instalación de geotubo como núcleo de duna, disposición y conformación de material producto de dragado por bombeo hidráulico para relleno de playa, instalación de pasos sobre duna y andadores de madera sobre espigones.

II.2.4. Etapa de construcción

Las obras principales del proyecto por cada zona del proyecto (Suroeste, Centro y Noreste) se describen en la **Tabla II_3**.

Tabla II_3. Obras y actividades principales para las tres etapas del proyecto.

CONCEPTO	ZONA SUROESTE	ZONA CENTRO	ZONA NORESTE
Recuperación de la playa.			
Conformación y reforestación de la duna costera.			
Habilitación de rompeolas.			
Rehabilitación y ampliación de espigones.			
Retiro de espigones que sobresaldrían del relleno.			

II.2.4.1. *Habilitación de los Rompeolas*

Mediante los rompeolas fuera de costa paralelos a las crestas del oleaje, se aumentará la eficiencia de las obras mediante una orientación estratégica que permita reorientar la playa con una inclinación perpendicular a las crestas del oleaje que aportan una mayor

cantidad de sedimentos, y de esta forma, atrapar al máximo el transporte de sedimentos longitudinal sin detenerlo. Con este método se crean bahías naturales aprovechando la propia energía del oleaje, además que se evita que se fugue el material de relleno al presentarse oleaje extremo. Para su habilitación se considera los siguientes elementos:

- *Orientación de las obras:* Para este proyecto en particular se tomó la dirección promedio obtenida del modelo numérico de propagación que es igual a 17.5° con respecto a la orientación de la playa.
- *Separación entre rompeolas:* Siguiendo los métodos de equilibrio de bahías propuestos por Hsu y Silvester (**Figura II_ 17**), en el cual se obtiene una separación de rompeolas preliminar para cada dirección de oleaje buscando en todo momento tener separaciones grandes para lograr menor volumen de obra, por lo cual se propuso una separación inicial de 150 m, considerando también que las obras no queden muy despegadas de la costa.

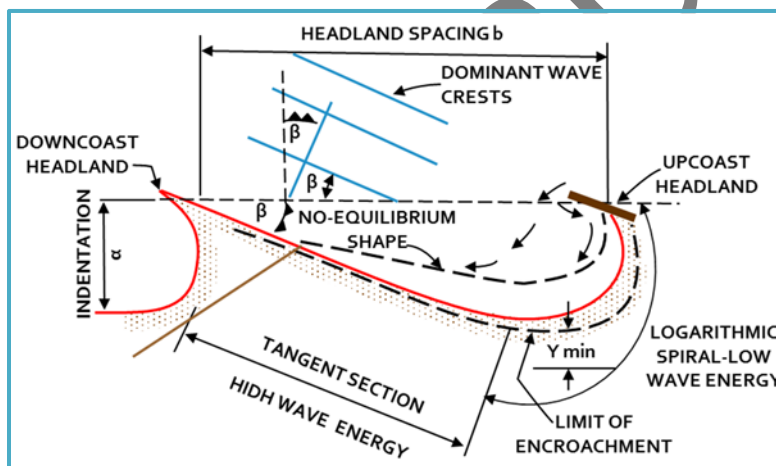


Figura II_ 25. Geometría que describe la espiral de la bahía (ajustada de Silvester and Hsu 1993).

- *Construcción de espiral para determinar máxima penetración:* La espiral que se forma por el punto de control de las estructuras (rompeolas) depende principalmente de la dirección de incidencia del oleaje, por lo cual es el principal parámetro de diseño.

Con el ángulo de orientación propuesto de las obras y la separación de las mismas, se realiza la construcción de la parábola proporcionando diferentes ángulos respecto de la línea que representa el frente del oleaje con pasos de 15° , la construcción de la parábola permite determinar la distancia máxima de penetración del oleaje.

- *Distancia de la costa:* Una vez que se logra determinar la máxima distancia de penetración, se desplaza la bahía hasta la distancia de la nueva línea de costa y

se determina la distancia a la que se ubicarán los rompeolas. Para el caso del frente de estudio en Isla Chica, Holbox, la distancia de la costa definitiva quedó en 47 m media al centro de la estructura.

De esta forma para cubrir el frente de estudio con mayor erosión se proponen rompeolas paralelos a los frentes del oleaje de 100 m con un espaciamiento de 150 m (**Figura II_26**). Es decir; se requieren 5 rompeolas de 100 m de longitud. Se consideran dos estructuras de cierre denominadas estructuras de transición con una longitud de 70 y 35 m y separación variable.

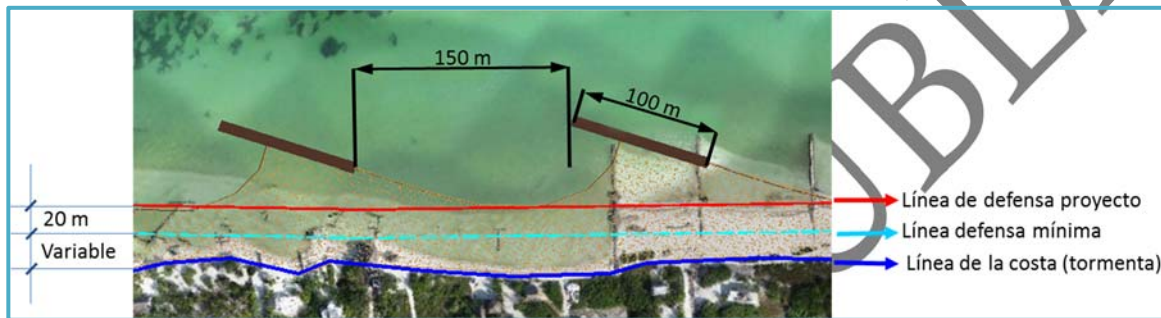


Figura II_26. Arreglo en planta de una bahía de equilibrio.

II.2.4.1.1 Generalidades del diseño

Para el diseño de las obras de protección, se consideró una estructura con materiales constituyentes de la sección y los elementos prefabricados en forma de cubos ranurados y bolsacreto, ambos de mortero y diseñadas considerando criterios de NO FALLA, revisando la estabilidad de los elementos con los criterios de Hudson y Van Der Meer, la transmisión del oleaje y el rebase para Oleaje Huracanado (**Figura II_27**). Y cuyas características generales son:

- Debido a que las estructuras se ubican en aguas muy someras, la altura es pequeña, 1.5 m respecto al N.B.M.I., y el acomodo de los elementos es casi horizontal, sin embargo, se considera por seguridad que el talud es 1V:1.5H.
- El ancho de la corona propuesto permite una transmisión del 30% de la energía del oleaje solamente y consta de 3 cubos.
- De acuerdo con el criterio de estabilidad los elementos de la coraza deben tener un peso de 620 kg y serán de mortero con densidad de diseño de 2.2 Ton/m³.
- Se proyecta un tapete con bolsacreto de 1.2x2.40x0.3 m que sobresale 3 m a cada lado de la estructura con resistencia de un mortero pobre.
- Para lograr las líneas y niveles de proyecto se considera el empleo de bolsacreto de 1.2x2.40x0.3 m con resistencia de un mortero con resistencia de 200 kg/cm².

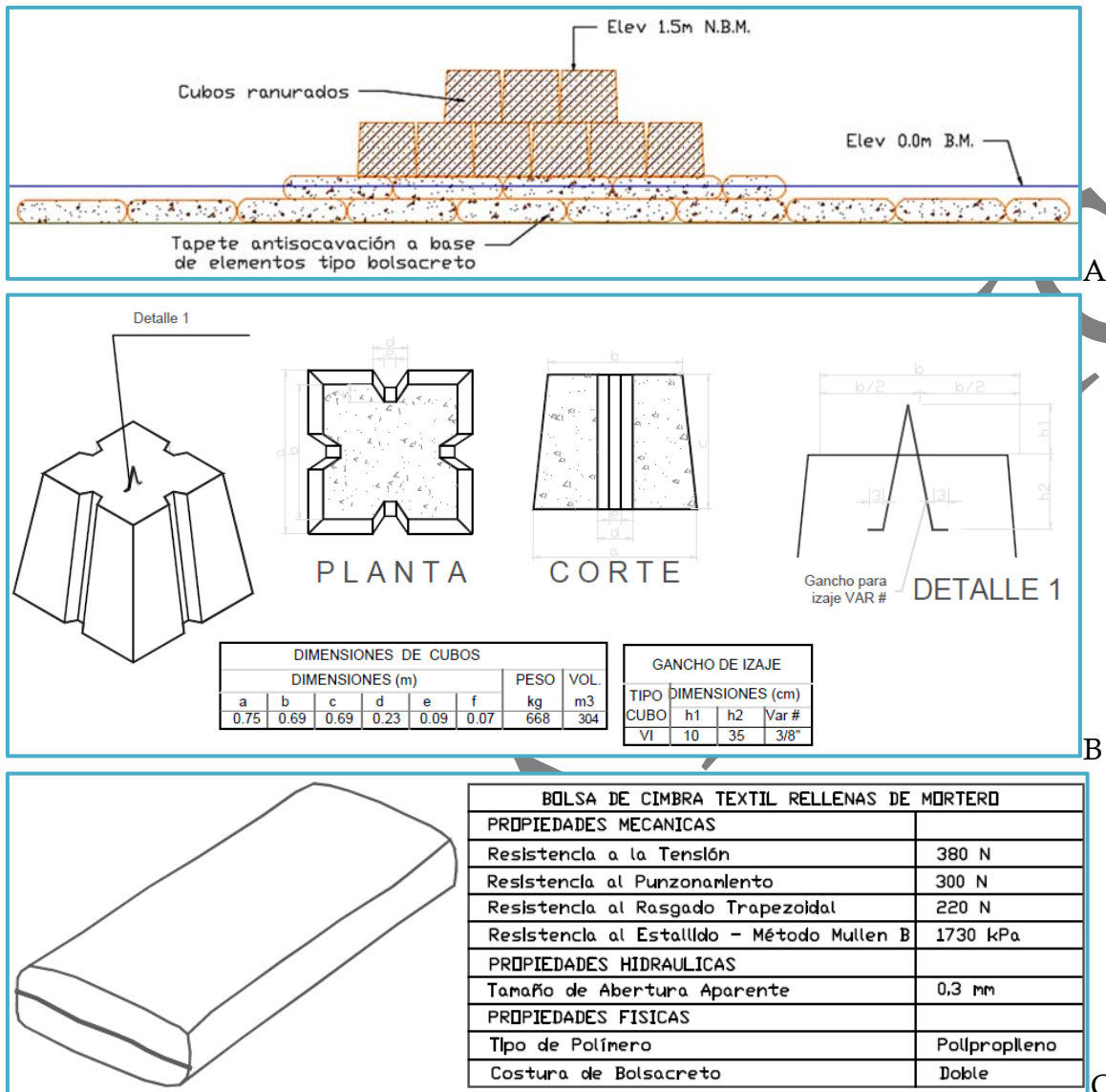


Figura II_ 27. Estructura de protección tipo rompeolas. A) Sección transversal tipo, B) Detalles de cubos ranurados, C) Detalles de las bolsas de cimbra para los bolsacretos.

II.2.4.1.2 Proceso constructivo

Los rompeolas (5 rompeolas y 2 de transición) se colocarán en la Zona Suroeste del proyecto, su desplante consiste en:

1. Demolición, retiro de mortero en bloques que forman espigones existentes

La primera actividad a ejecutar es la demolición de espigones, retiro del sitio que se construyeron y disposición de los materiales demolidos en zona de proyecto. Ésta consiste en la destrucción de parte de los elementos de mortero en forma de bloques que conforman los espigones, reduciéndolos a un tamaño adecuado para ser reutilizado para posteriormente conformar la base de rodamiento de caminos

de acceso de construcción de rompeolas que permita el tránsito de grúas sobre orugas y camiones.

La demolición de las estructuras se realizará con equipo y/o herramienta adecuada con base en el volumen a demoler y en cantidad suficiente para cumplir con el programa de obra, pueden emplearse rompedoras de concreto manuales neumáticas o retroexcavadora con rotomartillo. Y se realizará del nivel más alto al nivel más bajo y el material será colocado temporalmente estibado en un área aledaña, para su posterior transporte.

2. Formación de camino de acceso al área de rompeolas

El material removido será transportado y reutilizado varias veces para la construcción de caminos de acceso necesarios para la construcción de los rompeolas.

Los caminos de acceso serán construidos descargando el material por medio de transporte tipo volteo y por medio de equipo sobre orugas como cargador frontal, se realizará la conformación del material con la geometría requerida para el tránsito de los equipos hacia la zona de construcción del rompeolas. Se contará con el equipo adecuado acorde a las características de los elementos y con los requerimientos de volúmenes y rendimientos establecidos en el programa.

El proceso de construcción y retiro de caminos de acceso se repetirá hasta conseguir la construcción de todas las estructuras.

3. Formación del tapete anti-socavación

Para la construcción del rompeolas inicialmente se llevará a cabo el suministro de bolsas de cimbra textil impermeables, colocación en sitio y llenado con mortero premezclado (arena de playa-cemento-agua).

El cemento y las bolsas de cimbra deberán suministrarse conforme el avance de la obra empacadas y se almacenarán en una zona destinada específicamente para ello, de manera que no se dañen y cuidando de no tener almacenadas grandes cantidades de dichos materiales. La arena empleada para el mortero, deberá tomarse de la playa de una distancia no mayor a 200 m, donde el diámetro de la arena sea mayor.

La fabricación del mortero se llevará a cabo en zonas habilitadas específicamente para dicha actividad empleando revolvedoras portátiles con capacidad igual o mayor a un saco de cemento, el mortero será bombeado hasta el sitio de instalación de las bolsas de cimbra por medio de bombas de concreto de 30 hp y salida de 2 pulgadas de diámetro que garantice la continuidad en el llenado, contando con mangueras y tuberías del mismo diámetro que la salida de la bomba y longitud suficiente que garanticen el flujo continuo de mortero a las bolsas. El equipo que se utilice para la colocación y llenado de las bolsas, será el adecuado

para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución.

Las bolsas de cimbra se colocarán en el sentido longitudinal de la obra, preferentemente en forma cuatrapeada, en la posición indicada en el proyecto. Cada bolsa se colocará en su sitio, tomando en cuenta que una vez llenada quedará adosada a las bolsas contiguas, de forma tal que no queden huecos entre ellas y se sujetarán firmemente para evitar que se muevan de su sitio durante el proceso de llenado.

Una vez llenadas las bolsas de cimbra de la cama inferior, cuando el mortero haya fraguado, se podrán colocar las bolsas de cimbra de la cama subsecuente. Solo se podrá iniciar una cama hasta que exista un avance adecuado de la cama subyacente y así hasta alcanzar las líneas y niveles indicados en el proyecto. Si la colocación y el llenado de las bolsas se efectúan bajo el agua, a una profundidad mayor de un metro, se emplearán buzos para dichas actividades.

4. Construcción del cuerpo de estructura de los rompeolas

Se llevará a cabo la fabricación de los cubos ranurados de concreto de 668 kg de acuerdo a proyecto y a la normatividad de construcción aplicable. Su fabricación se llevará a cabo en sitios en la zona continental del Municipio de Lázaro Cárdenas.

La producción de los cubos se realizará en una fábrica de block vibrado comprimido ya establecida en la zona continental y que cuente con toda la reglamentación vigente para este tipo de actividad. Esta deberá contar con un patio de colado con la superficie necesaria para almacenar el material granular pétreo, el cemento, realizar el colado y el almacenamiento de los cubos. Los materiales pétreos empleados para la fabricación de los cubos serán suministrados de bancos que cuenten con todos permisos para la extracción y transporte.

Para la fabricación del concreto se podrán emplear revolventoras con tanque dosificador de agua y con dispositivo de cierre; camiones mezcladores o agitadores capaces de producir, mantener y descargar una mezcla uniforme; vibradores del tipo frecuencia y potencia; tolvas y silos de almacenamiento; dispositivos para dosificar agregados; cemento y agua.

Las cimbras o moldes serán impermeables, lo que evitará la fuga de la lechada y de los agregados finos durante el colado y el vibrado, tendrán rigidez suficiente para evitar deformaciones debidas a la presión del concreto, al efecto de los vibradores y a las demás cargas y operaciones correlativas al colado. Se construirán de manera que los elementos colados puedan ser retirados sin dañar el concreto.

En el sitio de construcción se deberá tener un área exclusiva para el almacenamiento temporal de los elementos prefabricados en cantidades necesarias para mantener el suministro continuo y cumplir con los rendimientos establecidos en el programa.

5. Transporte y colocación de cubos ranurados de concreto

El transporte de los cubos en tierra se podrá realizar mediante camiones con charolas con las dimensiones mínimas que garanticen el adecuado acomodo de los elementos pre colados con ayuda de una grúa de alcance y con capacidad para soportar el peso de los mismos.

Para el transporte en agua se podrán emplear chalanas o barcazas con grúas propias o de tierra montadas sobre éstas, que cuenten con los aditamentos necesarios para izar los elementos prefabricados durante su embarque y desembarque o colocación en el sitio. Las charolas o barcazas serán colocadas en el sitio de construcción mediante embarcaciones remolcadoras especializadas.

Una vez construido el camino de acceso y el tapete anti-socavación, se llevará a cabo la colocación de los elementos prefabricados en forma de cubos, para lo cual se empleará el equipo adecuado acorde a las características de los elementos que el contratista de obra considere conveniente y con los requerimientos de volúmenes y rendimientos establecidos en el programa. Se pueden emplear grúas sobre orugas para la colocación de los elementos en la ubicación conforme a la geometría requerida del proyecto y camiones para el transporte de los elementos hasta el alcance de la grúa.

En todo momento se tomarán las precauciones necesarias para que no sufran daños las instalaciones, equipos o algún otro objeto existente en las cercanías del sitio de construcción.

6. Retiro de camino de acceso a los rompeolas

Al concluir la obra, el contratista retirará los materiales sobrantes, desperdicios, escombros y realizará la limpieza general del sitio de la obra llevando el escombros a un sitio autorizado e indicado previamente por el municipio, considerando su transporte de la isla a la zona continental.

II.2.4.2. Habilitación de los espigones

Para el caso de la Zona Centro, debido a que no se pueden colocar rompeolas, se propone rehabilitar y prolongar los espigones existentes, reorientando el morro para generar bahías en equilibrio. La separación es de aproximadamente 70 m, entre espigones y la longitud es variable (**Figura II_ 28**).

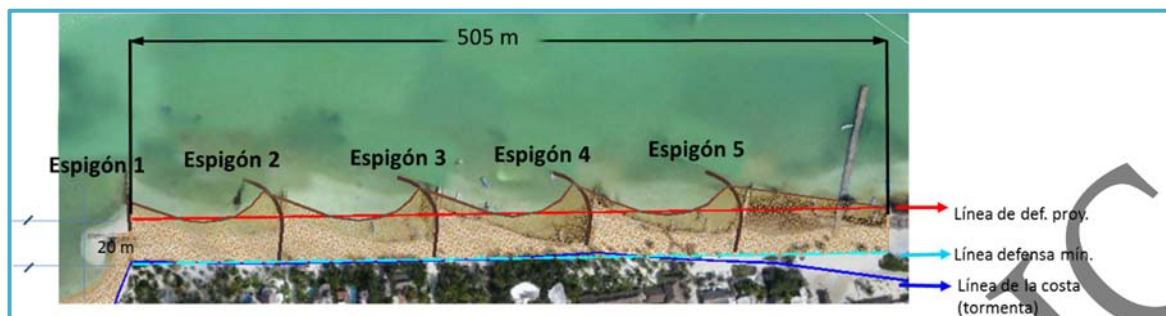


Figura II_28. Arreglo en planta de toda la zona de protección Centro con espigones.

II.2.4.2.1 Proceso constructivo

El proceso constructivo de los espigones es similar al de los rompeolas, con la diferencia de que éstos no llevarán cubos ranurados de concreto. En este caso el suministro, colocación y llenado de las bolsas de cimbra se repetirá hasta conseguir la altura de construcción de todas las estructuras (Figura II_27-C, Figura II_29).

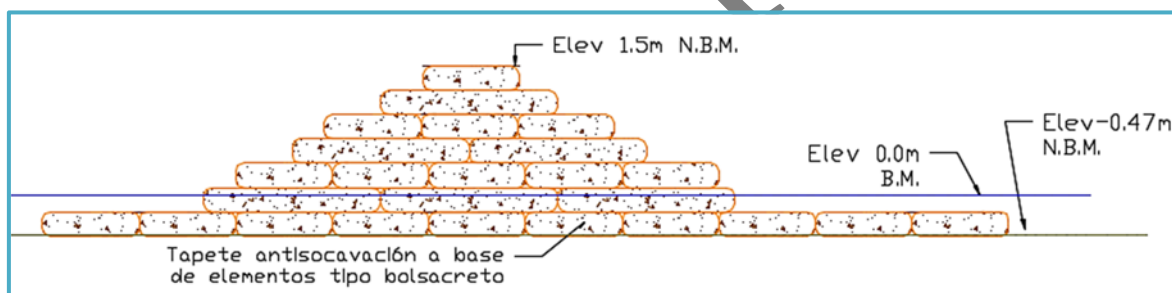


Figura II_29. Sección transversal tipo de la estructura de protección tipo espigón.

II.2.4.3. Relocalización de arena y conformación de la playa

La alimentación artificial de la playa o relocalización de arena abarcará las tres zonas del proyecto, es decir los 5.5 km de longitud. El volumen de arena a relocalizar será de aproximadamente 241,580 m³ con lo que se espera cubrir las necesidades para mejorar la playa. Se espera que, por el acarreo natural del oleaje, principalmente durante los periodos de tormenta, posteriormente se acumule arena.

En virtud de que esta playa es susceptible de ser afectada por marejadas fuertes, se espera reponer anualmente, durante la etapa de operación y mantenimiento, entre un 10 % a 15 % del volumen de arena autorizado para reestablecer la cantidad que se pierda.

Como medida de seguridad, previo al inicio de los trabajos, se dará aviso a Capitanía de Puerto, señalando el polígono y generalidades de los trabajos a fin de que divulguen estas actividades.

II.2.4.3.1 Cálculo de volúmenes para la relocalización de arena

El cálculo del volumen de arena para la relocalización en la playa se realizó con el módulo CivilCAD del Software de dibujo AutoCAD, utilizando un eje de referencia con base a los parámetros, el cual será el límite inicial de colocación de arena en dirección al mar.

La playa seca se desarrollará en dos secciones con diferente inclinación. Los primeros metros se contarán con una pendiente del 0% y la segunda sección de -15%. El acomodo de la arena será de manera gradual acorde con el relieve marino, considerando un talud de proporción 15: 1 (**Figura II_30**).

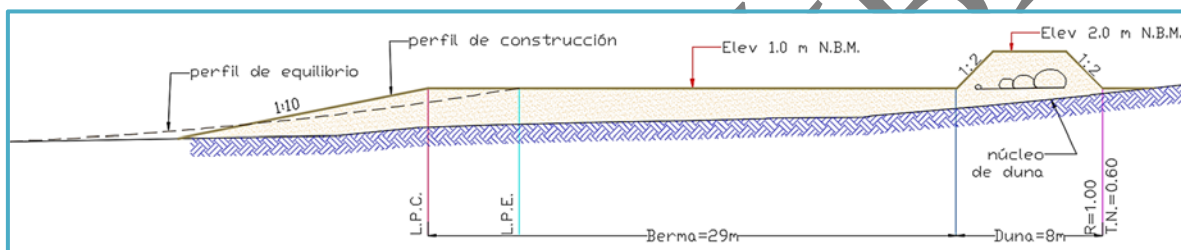


Figura II_30. Corte longitudinal de la relocalización de arena.

II.2.4.3.2 Proceso constructivo

El procedimiento de relocalización de la arena se realizará mediante la succión de la arena con bombas o con una draga con cortador frontal montada sobre una **artesa** para el control de finos, de la siguiente manera:

Generales

- Se realizará el traslado de la maquinaria al sitio de la obra para la adecuada ejecución de los trabajos, que consta de cargadores frontales en la zona de alimentación artificial de la playa o relleno y equipo de succión y bombeo en la zona de extracción, así como lanchas de apoyo para movimiento de tubería.
- En la zona de alimentación artificial de la playa, la brigada de topografía se instalará para establecer los puntos de referencia para el control del perfil geométrico a líneas y niveles de proyecto para el relleno de la playa.
- En un sitio seguro y adecuado dentro de la caseta de obras, se instalará un tablero de control del suministro eléctrico del cual se alimentarán los equipos como bombas, compresor de buceo y herramientas.

Relocalización de arena mediante bomba

1. Con el apoyo de una embarcación, se trasladará al sitio de trabajo una bomba sumergible y se colocará sobre la zona de disposición de arena (**Figura II_ 31**). Considerando la variación del espesor del banco de préstamo, en algunas áreas será necesario realizar el transporte del material de relleno a una distancia mayor de lo que la capacidad y potencia de la bomba del equipo, por lo cual se empleará equipo de bombeo complementario.

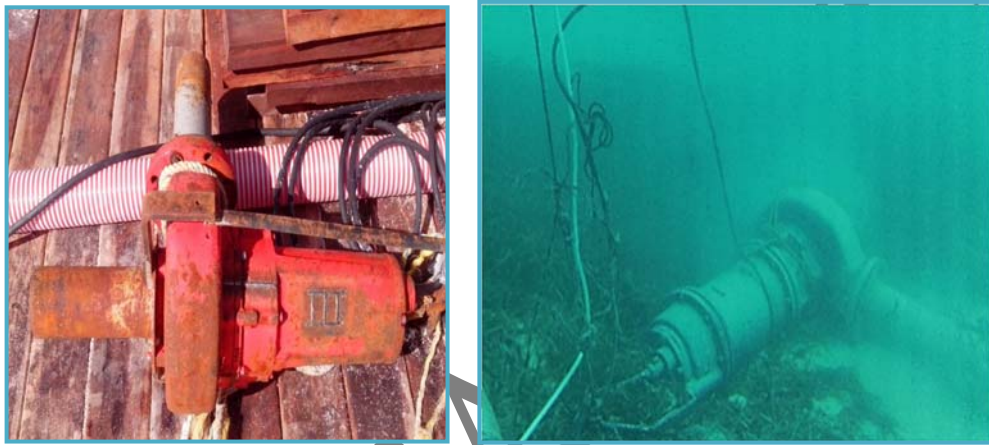


Figura II_ 31. Bomba sumergible.

2. Para no afectar la navegación, se colocarán las tuberías y mangueras de bombeo lastradas al fondo con sacos de geotextil (reellenos con arena) cada 6 metros (**Figura II_ 32**). La tubería estará dotada de todos los accesorios necesarios para asegurar el flujo continuo y la llegada de la arena hasta su destino, siguiendo la distancia menor.
3. En la zona de disposición de arena, el proceso de succión de la bomba no generará dispersión ni suspensión de finos ya que cualquier volumen que pudiera generarse será succionado de manera continua por el propio equipo. Se colocarán por precaución mallas anti-dispersión de geotextil con boyas y flotadores para mitigar la dispersión de los sedimentos finos en suspensión que pudieran generarse (**Figura II_ 33**).
4. También se colocarán mallas antidispersión en el área marina inmediata a la playa seca cuando se realicen las actividades de relocalización de arena con la finalidad de controlar la dispersión de finos (**Figura II_ 33** y **Figura II_ 34**).

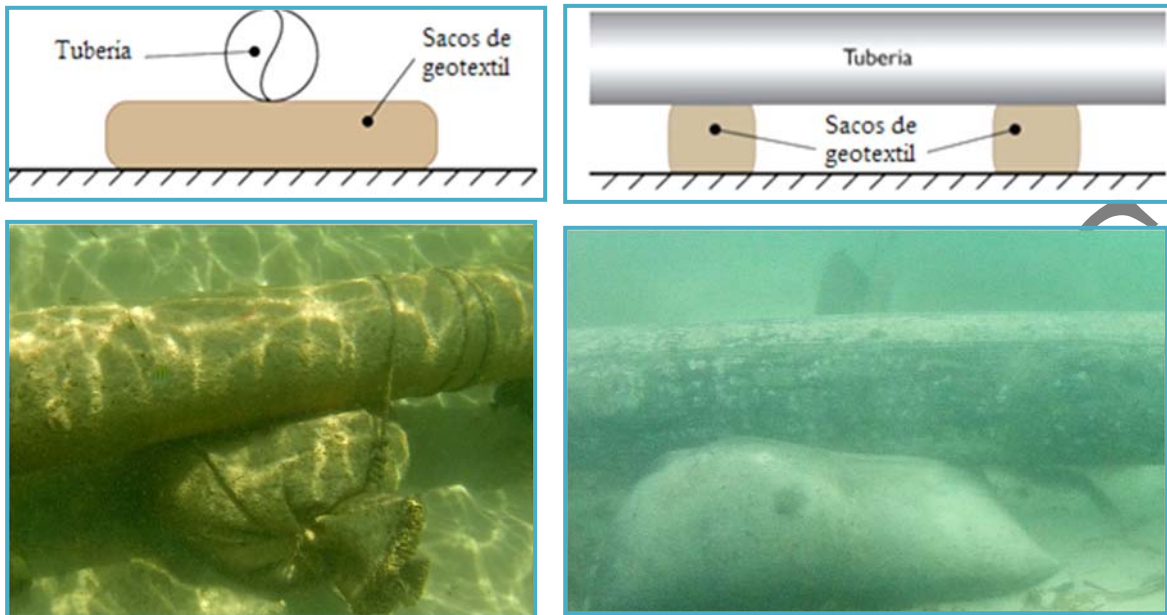


Figura II_32. Tuberías y mangueras con lastre de proyectos similares.

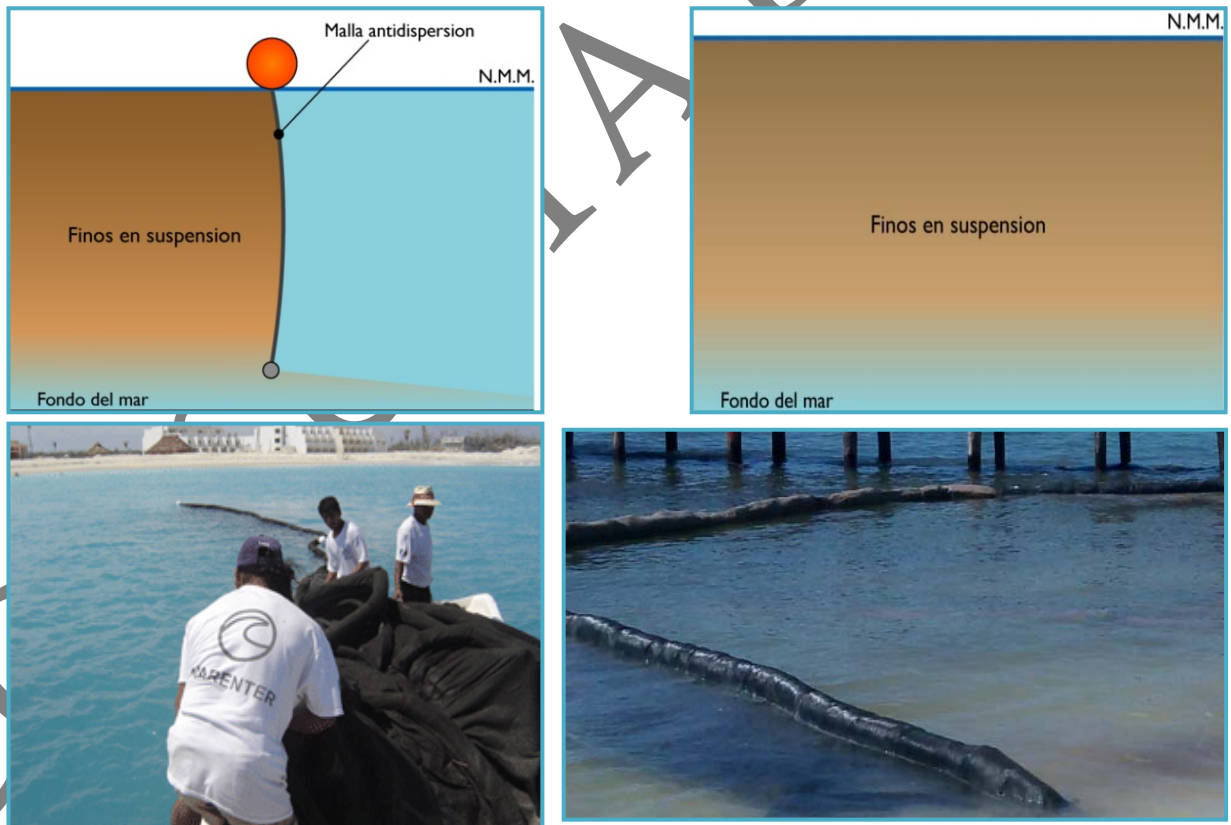


Figura II_33. Colocación y funcionamiento de malla antidispersión, en proyectos similares.

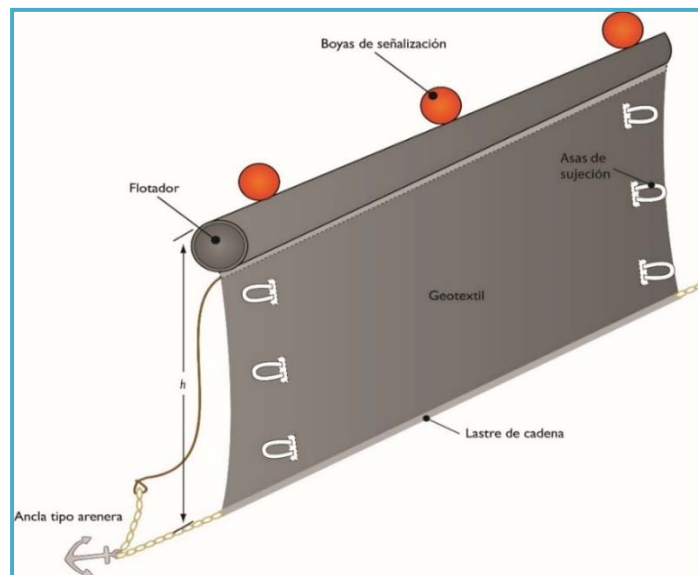


Figura II_ 34. Diseño de la malla de geotextil antidispersión.

5. Una persona verificará constantemente la integridad del proceso y equipo. En el remoto caso de presentarse una fuga, se suspenderá inmediatamente el bombeo de arena y la falla será reparada.
6. Para la relocalización de arena de las zonas de disposición a la playa seca se requieren mínimo de tres personas, las cuales se intercambiarán según sea necesario. Sus actividades consistirán en lo siguiente:
 - a. Monitoreo desde la superficie el compresor y el interruptor de encendido de la bomba; una persona será responsable de encender y apagar la bomba sumergible, además de vigilar el buen funcionamiento del equipo y vigilar la manguera de descarga en la playa seca (**Figura II_ 35**).



Figura II_ 35. Descarga de arena sobre la playa seca.

- b. Para relocalizar el material, las personas restantes (buzos) estarán en el fondo marino del sitio de disposición de arena, cerca de la bomba sumergible, sosteniendo el dispositivo de succión, de tal forma que sea absorbida una mezcla aproximada de 80% de agua y de 20% de arena (Figura II_ 36).



Figura II_ 36. Colocación de tuberías y mangueras para el transporte de arena.

7. Periódicamente, el buzo retirará elementos extraños de la rejilla para prevenir que la manguera se obstruya o se viertan rocas u otros cuerpos a la playa.
8. Los buzos se desplazarán continuamente para evitar que la succión se concentre en un solo lugar y para que la relocalización de arena sea más controlada sin generar oquedades demasiado pronunciadas. Estos trabajos no generarán ruido ni emisiones de partículas a la atmósfera.
9. Los buzos retirarán y reubicarán aquellos organismos de lento desplazamiento (ej. estrellas de mar y erizos) que eventualmente se encuentren presentes en los sitios de disposición de arena y línea de bombeo, además de que también se moverán aquellas rocas o materiales que pusieran en riesgo el funcionamiento del equipo utilizado.

Relocalización de arena mediante draga

- En el caso del bombeo con una draga con cortador frontal montada sobre una artesa para el control de finos, se seguirá el mismo proceso de relocalización pero

en lugar de la colocación de la bomba y la instalación eléctrica, se utilizará una draga especial para este tipo de trabajos como puede ser el modelo IMS 7012 (Figura II_ 35).

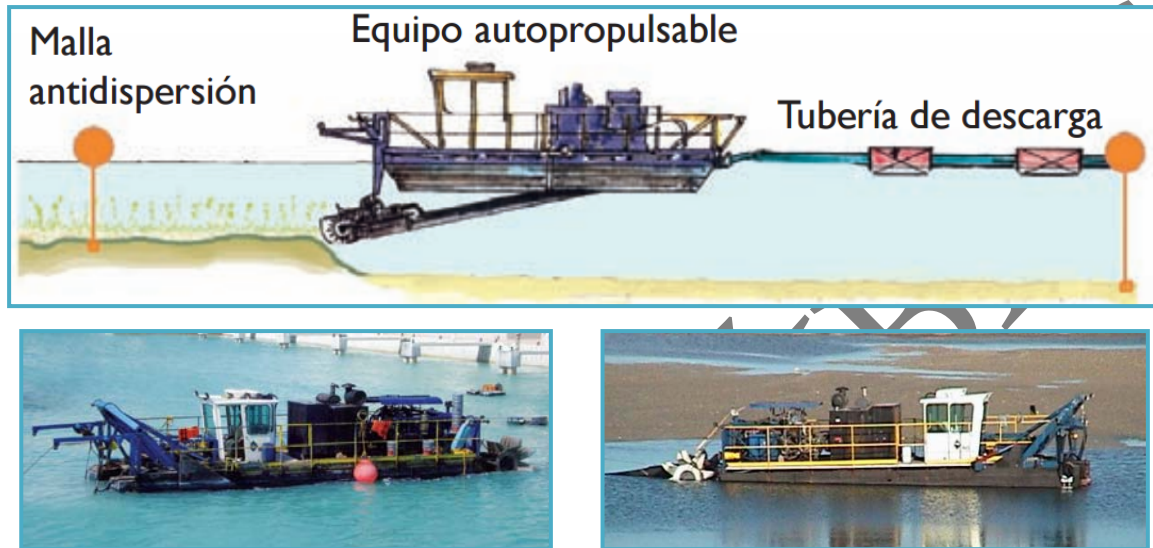


Figura II_ 37. Proceso de relocación de arena típico con draga IMS 7012.

Medidas de seguridad

- Durante estos trabajos se mantendrán medidas de seguridad como la colocación de boyas y banderines de señalamiento para alertar a las embarcaciones sobre la presencia de trabajadores en el fondo marino, se colocará una red de boyado, así como banderines con logotipo de buceo (Figura II_ 38). Estos trabajos no afectarán a la navegación.

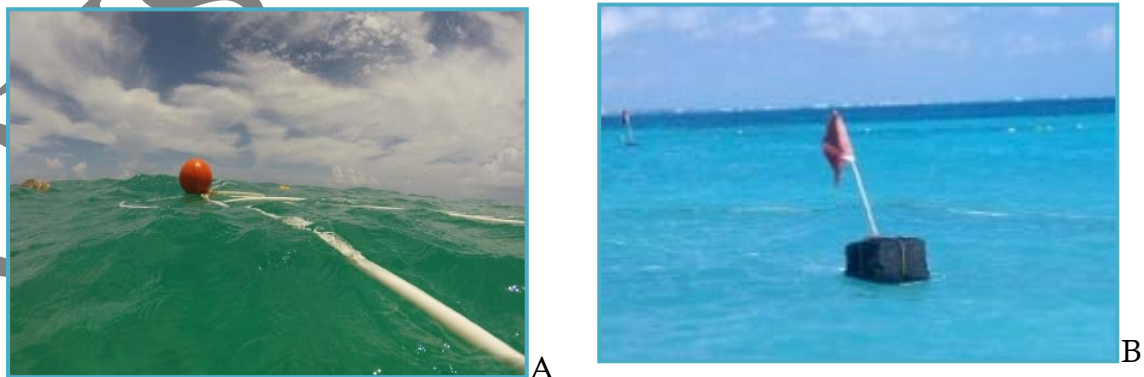


Figura II_ 38. Red de boyado (A) y banderines de precaución (B).

- La extracción del material de la zona indicada se realizará de forma continua hasta cubrir los volúmenes indicados en el proyecto de acuerdo a las líneas y niveles establecidos en el proyecto sin alterar las áreas fuera de las zonas de corte.

Los trabajos serán suspendidos en el momento en el que se presenten condiciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas.

II.2.4.4. Conformación del núcleo de la duna costera

Las obras y actividades del proyecto buscan el mejoramiento de la playa, por esta razón y con la finalidad de brindar mayor permanencia al sustrato arenoso de la playa, mantener la línea de costa, proteger la estabilidad de la zona costera, se propone la conformación y revegetación de la duna costera en las tres zonas del proyecto es decir los 5.5 km de longitud.

La duna costera se conformará de dos secciones que incluyen los siguientes elementos (**Figura II_ 39**):

- Núcleo de la duna. -Servirá para reforzar la base de la duna, conformado por elementos de geotextil con una configuración tipo cuña para generar un perfil atenuante del oleaje, éstos serán instalados y llenados del más grande al más pequeño.
- Tapete antisocavación. - Es un elemento de geotextil que en su extremo tiene un tubo de anclaje, el cual será colocado debajo del núcleo de la duna con la finalidad de protegerlo de los efectos de socavación.
- Acomodo de la arena. -La relocalización de arena para la duna forma parte del volumen solicitado para el proyecto.
- Vegetación. - Al terminar la conformación de la duna, se reforestará con especies típicas de este tipo de sistemas, lo cual ayudará a estabilizar el sustrato arenoso. Los ejemplares vegetales serán los recuperados del área del proyecto y se complementarán con especies nativas procedentes de viveros autorizados.

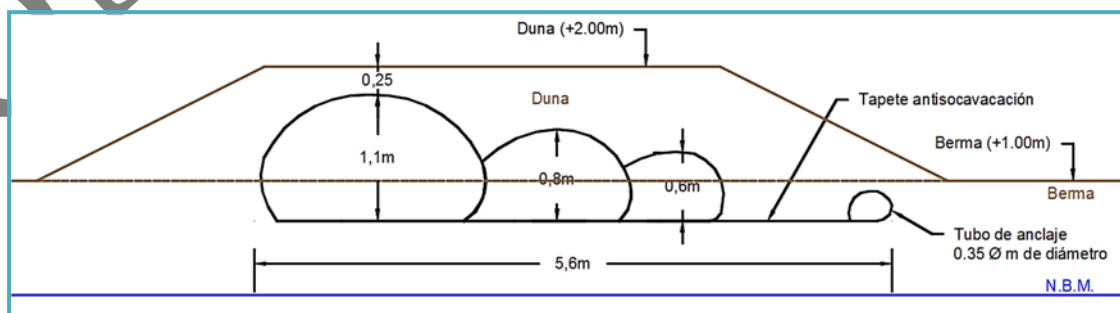


Figura II_ 39. Corte típico de la duna

II.2.4.4.1 Proceso constructivo

1. **Instalación tapete antisocavación para núcleo de duna**

Para la alimentación artificial de la playa, inicialmente se llevará a cabo el suministro de geotextil color arena en forma de tubo con diferentes permetros (geotubo), que serán colocados como núcleo de la duna y llenados con arena nativa de la zona empleando bombeo hidráulico desde el sitio de extracción.

2. **Conformación del núcleo de la duna costera**

El núcleo de la duna se conformará con elementos en forma de tritubo, confeccionados con geotextil color blanco o crema que tiene una configuración tipo cuña para generar un perfil atenuante del oleaje.

Se utilizará material del relleno de la playa para su llenado hidráulico. El elemento más alto tiene 1.10 m de alto y los restantes van disminuyendo su altura. Un tapete antisocavación protege al tritubo de hundimientos diferenciales. El tritubo quedará sepultado por la arena que conforma la duna. En caso de descubrirse por marejadas extremas, se volverá a tapar con personal de mantenimiento utilizando herramienta menor como palas y carretillas.

Durante la colocación de estos tritubos se colocarán mallas anti dispersión para minimizar la dispersión de finos en suspensión. Y los geotextiles en forma de tubo deberán suministrarse conforme el avance de la obra y se almacenarán en una zona destinada específicamente para ello, de manera que no se dañen y cuidando no tener almacenadas grandes cantidades de dichos materiales.

Los geotextiles en forma de tubo deberán ser instalados y llenados del más grande al más pequeño en los sitios indicados en los planos de proyecto, para lo cual se emplearán elementos de fijación para garantizar que durante el llenado se mantengan sobre el eje de proyecto.

El llenado podrá realizarse conectando directamente a los puertos del tubo de geotextil la tubería del equipo de bombeo, desde el sitio de extracción o empleando bombas sumergibles de tipo traga-sólidos dotadas con manguera y boquilla de inyección, con capacidad suficiente para permitir el llenado continuo del material de relleno. El equipo que se utilice para la colocación y llenado de los geotubos, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución.

Inicialmente los tritubos se posicionarán en el lugar empleando anclas y cabos para mantener su alimentación. Los tubos de geotextil deberán colocarse en el

sentido longitudinal en secciones menores a 15 m, cuidando mantener una continuidad a lo largo de toda la longitud de instalación y deberán tener el número de puertos necesarios para su adecuado llenado. El suministro, instalación y llenado de los tritubos se repetirá hasta conseguir la longitud, altura y anchos indicados en el proyecto.

3. Reforestación de la duna

Una vez que se encuentre conformado el núcleo de la duna costera y el acomodo de arena, se pretende reforestar una sección de aproximadamente 5.5 km a lo largo de la playa, desde Río Kuká hasta Punta Poniente. Para lo cual se necesitarán 150,000 plantas de matorral y duna costera. Se escogieron especies que habitan naturalmente en la zona del proyecto y que son idóneas para reforestaciones, como son:

- *Ambrosia hispida*
- *Ipomoea pes-caprae*
- *Sesuvium portulacastrum*
- *Canavalia rosea*
- *Scaevola plumieri*
- *Hymenocallis littoralis*
- *Tournefortia gnaphalodes*
- *Suriana maritima*
- *Coccoloba uvifera*

La mayoría de los ejemplares serán obtenidos de viveros autorizados, para lo cual se encargarán con 4 meses de anticipación a los trabajos de reforestación. También se relocalizarán algunos ejemplares nativos de la isla, producto del rescate que se lleve a cabo en la etapa de preparación del sitio.

Para la plantación se dividirá el área a trabajar en 5 frentes de aprox. 1.1 km cada uno, por lo que se contratará cinco brigadas; cada una con 7 personas, constituidas por un sobrestante y 6 ayudantes generales.

II.2.4.5. *Habilitación de pasos y andadores peatonales de madera*

Se prevé instalar estructuras de madera para el paso de las personas, las cuales serán de madera dura de la región y serán de dos tipos:

- Pasos sobre la duna costera. Serán estructuras de madera dura de la región con barandales, colocadas cada 100 m sobre la duna, aunque en la sección Suroeste y Noreste podrían colocarse a una mayor distancia (**Figura II_40**). Su finalidad es permitir el paso de la gente de la zona de tránsito a la playa sin afectar a la vegetación.

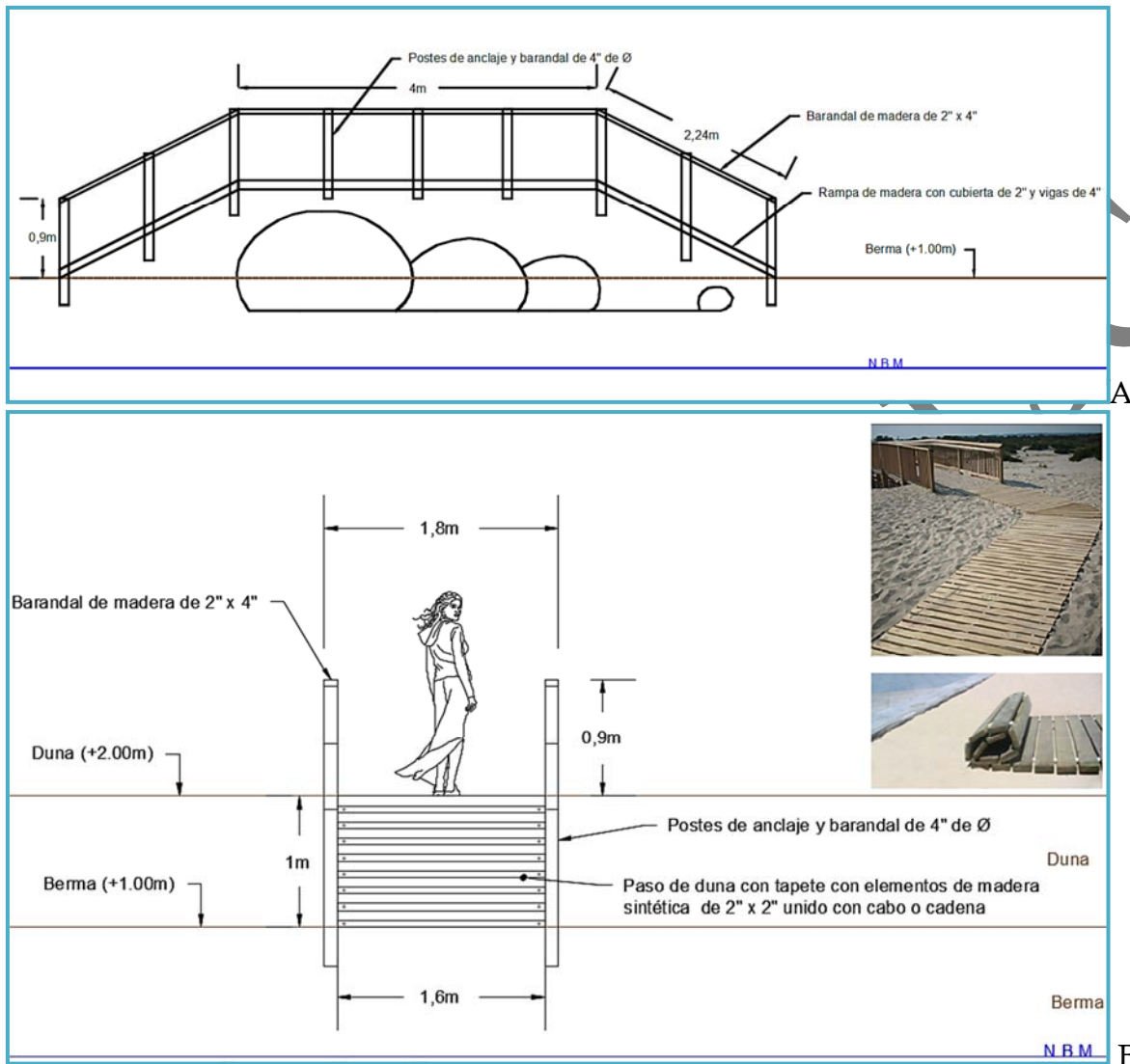


Figura II_40. Pasos sobre duna. A) Detalle típico, B) Vista lateral

Este tipo de estructuras ya han sido habilitadas en la isla por algunos concesionarios de la ZOFEMAT (Figura II_41).



Figura II_ 41. Pasos sobre duna habilitados en Isla Chica, Holbox.

- Andadores de madera que serán colocados sobre los espigones, con la finalidad de darle un atractivo turístico a las estructuras y mejorar el paisaje (Figura II_ 42).

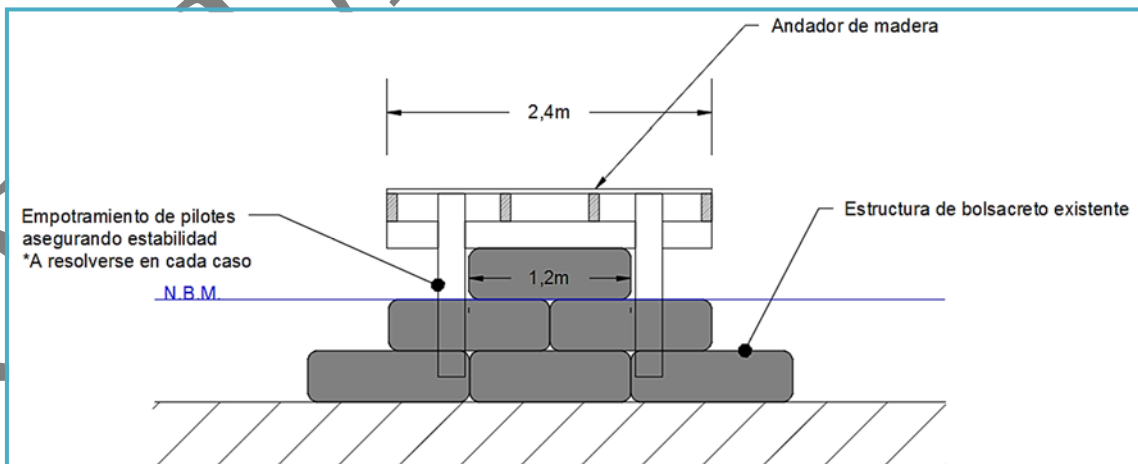


Figura II_ 42. Detalle típico de andadores de madera sobre espigones

II.2.4.5.1 Proceso constructivo

La construcción de los elementos de madera consiste en:

1. **Pilotes de soporte:** Son elementos verticales tipo postes de 25 a 30 cm de diámetro que se empotran:

- En el caso de los pasos de duna en el fondo arenoso mediante agitación con agua a presión.
- Para los andadores de madera, éstos se perforarán, para lo que se utilizará una perforadora portátil montada en una pequeña excavadora que soporta y posiciona una broca, y a la vez suministra el caudal de aceite a presión para el motor de giro.

El diámetro del barreno es ligeramente mayor al diámetro de la base del pilote. Una vez posicionado el pilote y comprobado su verticalidad, el espacio libre se llenará con mortero.

La separación de los pilotes es de aproximadamente 2.40 metros entre centros en el sentido del eje de las estructuras y de 2.00 metros en forma perpendicular

Para minimizar cualquier riesgo de contaminación al mar, se colocará una malla geotextil antidispersión evitando la propagación de sedimentos o partículas suspendidas.

2. **Cubierta:** Una serie de vigas de madera se fijan en forma horizontal, perpendiculares a los pilotes para formar unos soportes. Sobre ellos se colocan las vigas o cargadores en sentido longitudinal de los rompeolas y estructura de conexión con una separación máxima de 0.60 metros, sobre las cuales se clavan o atornillan las piezas de la cubierta (**Figura II_ 43**). En estos pasos se conservan los niveles, de tal manera que la cubierta quede terminada a un solo nivel.

En el caso de los pasos de duna, los pilotes tendrán el largo suficiente para conformar el barandal.

El último paso es rebajar con pulidora las orillas de las tablas de la cubierta para eliminar bordes ásperos o filosos, para lo cual se coloca una lona alrededor del área con la finalidad de recoger la viruta y evitar su dispersión.

La mayor parte de los componentes de madera se trasladan al sitio de los trabajos previamente cortados a medida. Solo se practicarán pequeños ajustes en campo evitando con ello los riesgos de dispersión de partículas de madera. Todos los herrajes son de acero inoxidable.

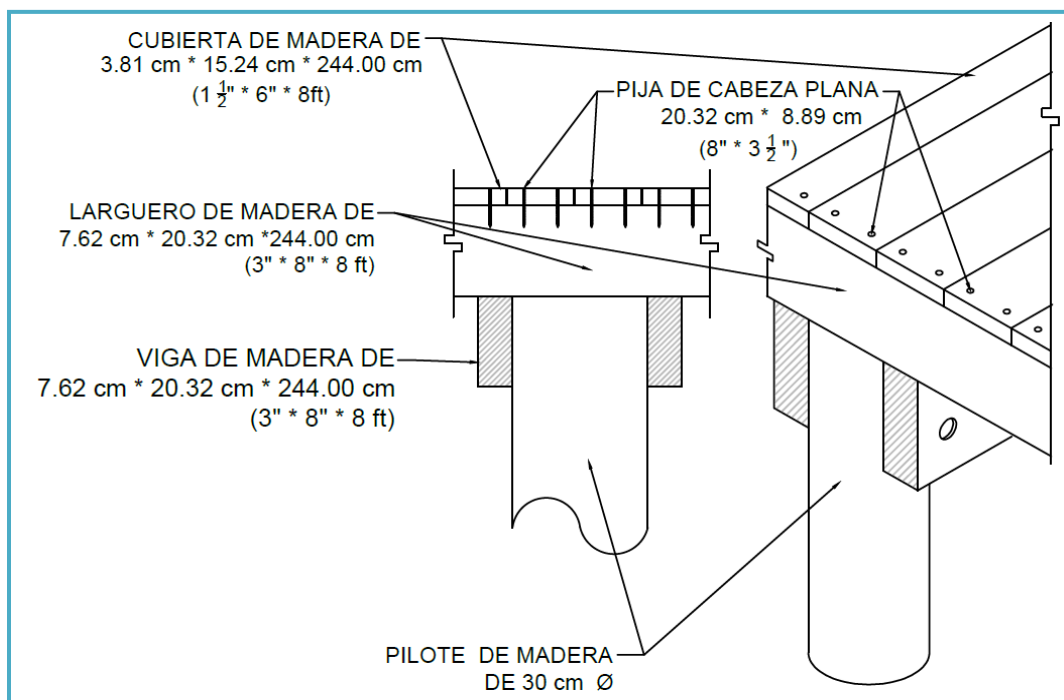


Figura II_ 43. Detalle de la cubierta de madera de los andadores.

II.2.4.6. *Colocación de letreros informativos del proyecto*

Con la finalidad de informar las obras y actividades del proyecto al público en general, se colocarán dos letreros con información pertinente, así como sus respectivos permisos y autorizaciones. También se colocarán otros letreros para fomentar el manejo de residuos, cuidado de la fauna y flora, cuidado de las áreas protegidas durante el desarrollo del proyecto entre otros.

II.2.4.7. *Limpieza de área al final del proyecto*

Al finalizar las obras, se llevará a cabo la remoción de todas las obras complementarias, la extracción del equipo, la movilización del personal del área del proyecto. Así como la limpieza de toda el área del proyecto, tanto en la zona de playa como área marina.

II.2.4.8. *Seguimiento Ambiental*

Antes del inicio de las obras y actividades del proyecto se establecerá una estrategia para el cumplimiento de las condicionantes ambientales establecidas en el presente documento, así como los términos y condicionantes que se establecerán en el resolutivo del proyecto.

II.2.5. Materiales y herramientas a utilizar

En la **Tabla II_ 4** se listan las principales herramientas y materiales que se requerirán para la habilitación de las obras del proyecto. Éstas requerirán de maquinaria pesada y herramientas de gran tamaño, las cuales se resguardarán en un predio baldío sin vegetación.

En el área del proyecto no se realizará mantenimiento a los equipos, en caso necesario serán retirados del frente de trabajo y se colocarán lienzos de plástico debajo de ellos para contener cualquier goteo de aceite o residuos peligrosos.

Tabla II_ 4. Lista de los principales materiales y equipos requeridos.

Materiales	Herramientas y equipo
<ul style="list-style-type: none"> • Bolsas de cimbra textil impermeables • Tubos de geotextil (color arena y negros) • Tapete antisocavación • Mallas antidispersión • Geotextil para cobertura • Cemento tipo II, resistente a los sulfatos • Material pétreo • Mortero premezclado • Arena de la playa • Agua para evitar la suspensión del polvo • Cimbras o moldes • Tuberías 8 y 10" • Mangueras de 4" y 6" • Mangueras y tuberías de 2 pulgadas • Tornillos, arandelas, etc. • Madera • Anclas • Boyas • Cabos de plástico • Combustible para draga • Gasolina lancha de apoyo • Bolsas desechables • Agua para riego • Abono • Tierra negra • Plantas • Letrero informativos • Lonas impresas 	<ul style="list-style-type: none"> • Oficina móvil • Coche tipo golf • Camioneta pick up • Tanque cisterna • Camión de volteo de 3 toneladas • Revolvedora para concreto • Revolvedoras estacionarias • Revolvedoras con tanque dosificador de agua y con dispositivo de cierre • Camiones mezcladores • Bomba de mortero tipo Mykon o similar • Bombas de concreto con capacidad mínima de 30 hp y salida de 2 pulgadas de diámetro • Bulldozer tipo DC4 • Retroexcavadora tipo mano de chango • Draga 10" f con tubería de descarga • Grúa sobre orugas • Grúa sobre chalán • Embarcación para posicionamiento de chalán • Embarcación con motor fuera de borda • Embarcación de apoyo • Rompedoras de concreto manual neumáticas o retroexcavadora con rotomartillo • Dispositivos para dosificar agregados, cemento y agua • Tolvas y silos de almacenamiento • Vibradores del tipo frecuencia y potencia • Mangueras / tuberías • Boquilla de inyección

Materiales	Herramientas y equipo
	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas manuales de carpintero • Herramienta manual (palas, martillos, etc.). • Carretilla • Equipo topográfico • Tubería y accesorios • Flotadores • 55Tubería de descarga de polietileno montada sobre flotadores • Equipo de succión y bombeo • Compresor de aire • Bombas submarinas de 30 HP hasta 75 HP, eléctrica, sumergible * • Draga de succión modelo IMS 7012 o similar • Planta de luz portátil

* Las bombas pequeñas serán manipuladas por parte de los obreros y buzos, eventualmente las bombas de mayor tamaño se podrán suspender de una embarcación.

II.2.6. Personal requerido

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, será necesaria la contratación de personal por lo que se generarán aproximadamente 100 empleos temporales, de los cuales, muchos podrán ser designados a los habitantes de Isla Chica o poblados cercanos (Tabla II_ 5). Además, el número de trabajadores en la obra variará conforme el avance de esta.

Tabla II_ 5. Relación del personal de obra que se requiere para cada actividad general del proyecto.

Puesto	Cantidad
Residente de obra	1
Asistente	1
Superintendente de Construcción - Ingeniero civil titulado.	1
Topógrafo	1
Ayudante del topógrafo	2
Biólogo	1
Supervisor	5
Jefe de grupo	5
Sobrestante	7
Sobrestante auxiliar para la habilitación de las tarquinas	1
Ayudante	2
Obreros	35
Obreros/buzos	12

Puesto	Cantidad
Carpinteros (muelleros)	6
Operadores de máquina	2
Conductor	1
Conductor de dragas	1
Encargado de grúa	1
Ayudante de grúa	1
Soldador	1
Capitán	1
Marineros	1
Chofer de tanque cisterna	1
Jardineros	5
Cocinera	2
Vigilante	3
TOTAL	100

II.2.7. Etapa de operación y mantenimiento

Actividades de mantenimiento

La etapa de operación del proyecto consistirá en el funcionamiento de las obras, las cuales minimizarán la intensidad del oleaje y permitirán que la arena de la playa se conserve, mejorando así la zona costera de la Isla Chica, Holbox. Debido a la naturaleza de las obras, el promovente no prevé otorgar ningún tipo de servicios durante la etapa operativa, por lo que solo se llevarán a cabo las siguientes actividades de mantenimiento cuando se requieran:

- 1) Mantener limpia la Zona Federal Marítima Terrestre.
- 2) Reparación a los rompeolas y espigones, por su naturaleza no necesitarán de mayores reparaciones y/o mantenimiento, sin embargo, por fallas o desgaste natural se implementarán dichas actividades.
- 3) Mantenimiento eventual de las estructuras de madera (pasos de duna o andadores de madera sobre las estructuras) por fallas, desgaste naturales o vandalismo.
- 4) Reposición de arena por eventos extraordinarios. Isla Chica es susceptible de ser afectada por marejadas fuertes y una erosión constante, motivo del presente proyecto, por lo que se espera reponer cada año al menos entre un 10 % a 15 % de la arena que se pierda.
- 5) En caso de que por la presencia de algún fenómeno natural se pierda mayor cantidad de arena, se dará un aviso especial a las autoridades correspondientes para realizar mantenimiento al sitio del proyecto.

Las actividades de mantenimiento serán reportadas en los informes de cumplimiento que se entreguen a PROFEPA y SEMARNAT.

Permanentemente se vigilará el desempeño de las estructuras revisando su integridad, de tal manera que, si se observa alguna falla, se programará su reparación dentro de un plazo razonablemente corto a fin de evitar fallas mayores o catastróficas.

Debido a las características del proyecto y a la zona en que se ubica, se solicita que se autorice el mantenimiento por un período de hasta por 25 años (con opción a extender dicho tiempo), en los cuales se prevé relocalizar arena desde la zona de disposición autorizadas, mismas que serán monitoreadas periódicamente.

Para las labores de mantenimiento se seguirán las mismas medidas de mitigación correspondientes contempladas en la etapa de construcción, tales como colocación de mallas, manejo de residuos, boyado, relocalización de fauna de lento desplazamiento etc. También se dará seguimiento a los términos y condicionantes del resolutivo ambiental.

II.2.8. Descripción de obras asociadas al proyecto

Paralelamente o posterior a la implementación de las obras en cada zona del proyecto, se proponen proyectos ambientales complementarios cuya descripción, alcances, impactos y mitigaciones se describen en un documento anexo.

II.2.9. Etapa de abandono del sitio

No se considera el abandono del proyecto. El sitio será sujeto a mantenimiento periódico y rehabilitación, de tal manera que la calidad de la propuesta, así como las mejoras logradas en el sitio permanezcan el tiempo autorizado.

II.2.10. Utilización de explosivos

No se prevé el uso de explosivos durante el desarrollo del proyecto.

II.2.11. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

Para cada etapa del proyecto se describen los tipos de residuos a generar y sus características, forma y/o lugar de disposición, así como la infraestructura y formas de recolección, manejo y disposición final.

II.2.11.1. *Etapa de construcción del proyecto*

Con la finalidad de garantizar el retiro total de los residuos generados, así como de la limpieza diaria de la zona del proyecto, se tienen contemplado para el manejo de residuos de la siguiente manera:

1. *Residuos sólidos*: Las actividades generarán muy poca cantidad de desperdicios debido a que la mayor parte de los elementos constructivos llegan a la obra con dimensiones finales. En este proyecto se considerarán los siguientes:
 - a. *Residuos sólidos urbanos*: Son aquellos provenientes de las áreas de comedor, es decir se generarán por las actividades cotidianas de los trabajadores, mismos que se depositarán en tambos de 200 litros, con bolsas de plástico en su interior, debidamente identificados y serán recolectados periódicamente por el servicio de limpia municipal.
 - b. *Residuos de la construcción y demolición*: serán los derivados principalmente de la demolición de las secciones de los espigones existentes, así como sobrantes de las actividades del proyecto, como son:
 - Acopio y reúso durante la obra de materiales como madera, cascajo, botes, etc.
 - Pedacería de alambres, fierros y clavos se colocarán en recipientes específicos y podrán ser vendidos.

Éstos serán canalizados por camiones al basurero municipal.

2. *Residuos líquidos*: Para prevenir la contaminación del suelo y el manto freático, el proyecto contará con baños portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores. La limpieza de esos baños será a cargo de la empresa arrendadora.
3. *Emisiones a la atmósfera*: Estas emisiones serán temporales, no rebasarán los límites máximos de decibeles establecidos en la Norma Oficial Mexicana vigente y se ajustará a los horarios establecidos. En este proyecto se considerarán los siguientes:
 - a. Contaminación a la atmosfera por el uso de maquinaria para la demolición de los espigones existente o algún otro vehículo automotriz que se utilice en las actividades del proyecto.
 - b. Ruido por las actividades propias del proyecto.
4. *Residuos peligrosos*: Durante ésta etapa se podrían generar residuos de aceites, lubricantes usados, combustibles y otros materiales asociados con la construcción. Para prevenir la contaminación al suelo, se llevarán a cabo

revisiones periódicas a la maquinaria y se utilizará para el llenado de los tanques un sifón con manivela de seguridad para evitar posibles derrames que puedan dañar al suelo, así mismo se evitará el almacenamiento de combustible para prevenir dichos derrames. El mantenimiento preventivo y correctivo a la maquinaria utilizada durante estas etapas del proyecto, deberá proporcionarse fuera del predio destinado al proyecto y en talleres especializados debidamente autorizados.

II.2.11.2. *Etapas de operación del proyecto*

Durante la etapa de operación del proyecto no se generarán ninguna clase de residuos, con excepción cuando ocurran trabajos de mantenimiento, en cuyo caso su manejo es similar a lo descrito anteriormente.

II.2.12. *Infraestructura adecuada para el manejo y disposición adecuada de los residuos*

La infraestructura para el manejo de los residuos sólidos, consistirá en contenedores separados de acuerdo al tipo de residuo (papel y cartón, vidrio, plástico, aluminio, proveniente de jardinería, etc.) dotados cada uno con una tapa para evitar la dispersión de los residuos, cuya disposición final se realizará a través al servicio de limpia municipal, mismo que se encargará de trasladarlos al relleno sanitario municipal autorizado.

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

El presente proyecto dividido en tres zonas tiene como objetivo la ejecución de actividades y obras enfocadas hacia la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo, lo cual se logrará dependiendo de la zona a través de las siguientes obras generales:

- Recuperación de la playa.
- Conformación y reforestación de la duna costera.
- Habilitación de rompeolas.
- Rehabilitación y ampliación de espigones.
- Retiro de espigones que sobresaldrían del relleno.

Para ello, se aprovechará un aproximado de 241,580 m³ de arena la cual se tomará de zonas aprovechables localizadas en la parte marina frente al proyecto. Este material tiene un origen, tamaño de grano y color compatible con la arena de la playa.

Dando cumplimiento a lo dispuesto por los Lineamientos de la “Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental del sector turístico, Modalidad Particular” emitida por la SEMARNAT, así como para vincular el proyecto con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y de regulación de uso del suelo, se realizó el análisis espacial en el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental. (Se anexan imágenes del análisis en SIGEIA).

Por medio de esta herramienta se obtuvieron los instrumentos de planeación y normatividad vigente aplicables al presente proyecto de mejoramiento de playa, tales como Leyes, Reglamentos, Ordenamientos Ecológicos, Planes de Desarrollo Urbano y Normas Oficiales Mexicanas.

III.1. Información Sectorial

El turismo es uno de los sectores más importantes del país, México captura el 17.25% de los turistas que visitan el continente americano, lo que le coloca en el segundo lugar más visitado. Para el 2015, la actividad turística significó el 5.7% del ingreso producto de las exportación de bienes y servicios, la generación del 14.2% por concepto de empleos, además contribuyó al 8.7% del PIB nacional, del cual el 45% se desarrolla en la zona costera y el mayor consumo es representado por las vacaciones de la población (Figura III_ 1).

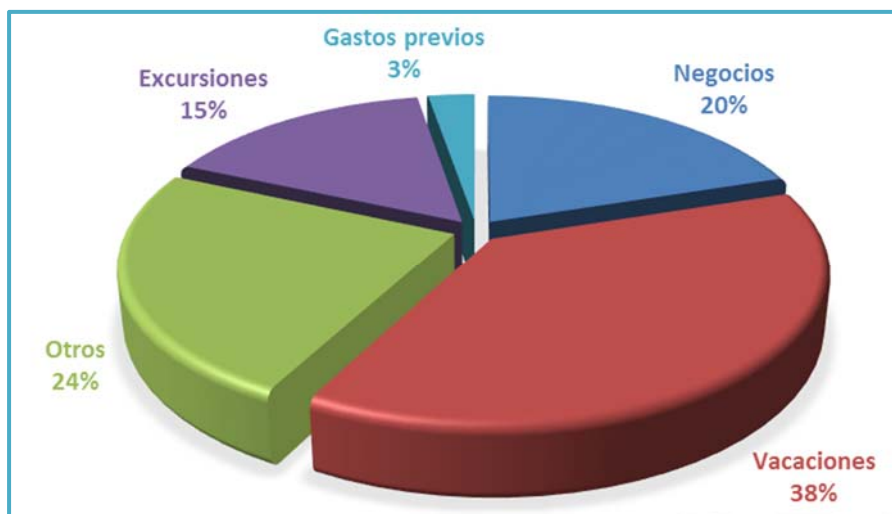


Figura III_ 1. Consumo turístico interno por motivo del viaje en el 2015.

En el 2015, del total de divisas que ingresaron al País por concepto de turismo, el estado de Quintana Roo captó el 38.5 %. Siendo Cancún el que mayor afluencia turística tiene (41.1%), mientras que la Riviera Maya (incluyendo Holbox) solo tiene una afluencia del 2.7% (Figura III_ 2). Para abril del 2016 la infraestructura hotelera del Estado consiste en 941 hoteles y 89,986 cuartos, de los cuales Cancún cuenta con 145 hoteles y 30,667 cuartos, mientras que Holbox tiene 56 hoteles y 589 cuartos.

El proyecto se pretende llevar a cabo en Isla Chica, Holbox, un lugar cuya actividad más importante es el turismo; éste arriba proveniente de la parte continental principalmente a través del ferry de Chiquilá atraído por sus diversas actividades como es el avistamiento del tiburón ballena, muestras gastronómicas, buceo, avistamiento de aves, etc.

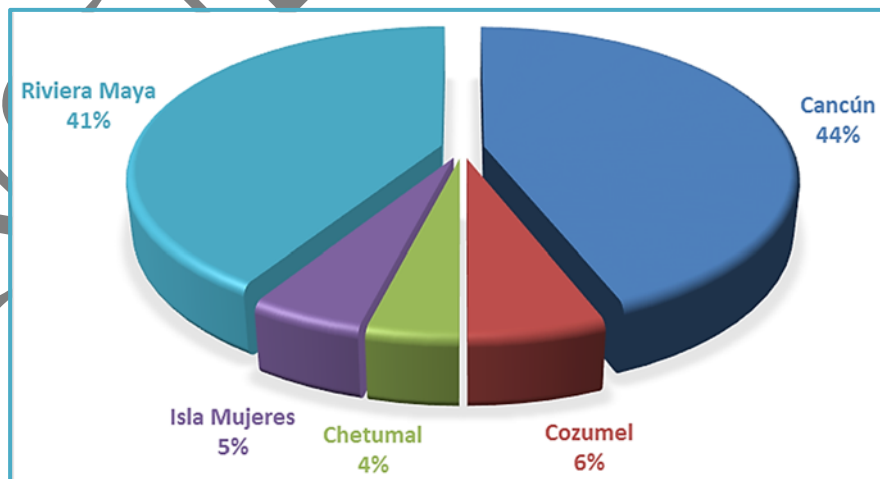


Figura III_ 2. Afluencia turística en el Estado de Quintan Roo.

III.2. Vinculación con las Políticas e Instrumentos de Planeación del Desarrollo en la Región.

III.2.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos fue promulgada el 5 de febrero de 1917, entrando en vigor el 1 de mayo del mismo año. Su última reforma fue publicada en el DOF el 18 de agosto del 2016, y es la carta magna para regir jurídicamente el país, donde se establecen los derechos y deberes del pueblo y sus representantes. La cual establece en:

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.

El proyecto “*Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo*”, tiene como finalidad revertir el deterioro ambiental por los procesos erosivos que ha sufrido la Isla Chica, Holbox. La implementación del proyecto garantizaría el derecho de la población a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, ya que al colocar la duna costera y recuperar la playa se protegerán las propiedades privadas y los hábitats de diversas especies, además se recuperarán áreas importantes para las actividades lúdicas, lo que propiciaría mayor turismo, y por ende, se mantendrían las fuentes de empleo, etc.

III.2.2. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 fue publicado en el DOF el 20 de mayo de 2013 en cumplimiento del Artículo 26° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. En el plan se establecen cinco Metas Nacionales y tres estrategias transversales para llevar a México a su máximo potencial; las cuales son:

- Metas:
 1. México en Paz,
 2. México Incluyente,
 3. México con Educación de Calidad,
 4. México Próspero y
 5. México con Responsabilidad Global.
- Estrategias
 1. Democratizar la Productividad,
 2. Gobierno Cercano y Moderno, y
 3. Perspectiva de Género.

Este documento define las premisas básicas para el desarrollo humano sustentable para el desarrollo integral del país y representa el compromiso del Gobierno Federal para la rendición de cuentas para con sus ciudadanos de los objetivos y estrategias nacionales.

La implementación del proyecto es una estrategia ante los efectos del cambio climático, que conlleva a garantizar la seguridad de la población que habita Isla Chica, Holbox, a recuperar el deterioro ambiental de la línea de cotas, es decir la playa, uno de los atractivos turísticos de la población. De esta forma, el proyecto estaría coadyuvando a las estrategias de un México en Paz y un México Prospero, en sus estrategias 4.4.3, 4.4.4, 4.10.4, y en las siguientes líneas de acción, que a la letra dicen:

- *Impulsar y fortalecer la cooperación regional e internacional en materia de cambio climático, biodiversidad y medio ambiente (4.4.3).*
- *Recuperar los ecosistemas y zonas deterioradas para mejorar la calidad del ambiente y la provisión de servicios ambientales de los ecosistemas (4.4.4).*
- *Aprovechar el desarrollo de la biotecnología, cuidando el medio ambiente y la salud humana (4.10.4).*

III.2.3. Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018

El presente programa se publicó en el DOF el 30 de abril del 2014 en cumplimiento al apartado A, del Artículo 26° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y establece los siguientes objetivos:

- **Objetivo 1.** Controlar la expansión de las manchas urbanas y consolidar las ciudades para mejorar la calidad de vida de los habitantes.
- **Objetivo 2.** Consolidar un modelo de desarrollo urbano que genere bienestar para los ciudadanos, garantizando la sustentabilidad social, económica y ambiental.
- **Objetivo 3.** Diseñar e implementar instrumentos normativos, fiscales, administrativos y de control para la gestión del suelo.
- **Objetivo 4.** Impulsar una política de movilidad sustentable que garantice la calidad, disponibilidad, conectividad y accesibilidad de los viajes urbanos.
- **Objetivo 5.** Evitar asentamientos humanos en zonas de riesgo y disminuir la vulnerabilidad de la población urbana ante desastres naturales.
- **Objetivo 6.** Consolidar la Política Nacional de Desarrollo Regional a partir de las vocaciones y potencialidades económicas locales.

El proyecto apoyará al cumplimiento del objetivo 4 y 5, al recuperar la línea de costa de una sección de Isla Chica, Holbox, lo que disminuirá la vulnerabilidad de la población ante algún fenómeno hidrometeorológico y favorecerá la realización de actividades económicas en la zona, todo aquello a que se dispondrá de una playa lo suficientemente ancha donde realizar actividades recreativas.

III.2.4. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 (PROMARNAT).

El PROMARNAT se publicó en el DO el 12 de diciembre de 2013 en cumplimiento del Artículo 26° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en él se establecen seis objetivos para cumplir con las cinco Metas Nacionales y tres estrategias transversales del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 para llevar a México a su máximo potencial, que a letra dicen:

- *Objetivo 1. Promover y facilitar el crecimiento sostenido y sustentable de bajo carbono con equidad y socialmente incluyente.*
- *Objetivo 2. Incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático y disminuir las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero.*
- *Objetivo 3. Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua, garantizando su acceso a la población y a los ecosistemas.*
- *Objetivo 4. Recuperar la funcionalidad de cuencas y paisajes a través de la conservación, restauración y aprovechamiento sustentablemente del patrimonio natural.*
- *Objetivo 5. Detener y revertir la pérdida de capital natural y la contaminación del agua, aire y suelo.*
- *Objetivo 6. Desarrollar, promover y aplicar instrumentos de política, información, investigación, educación, capacitación, participación y derechos humanos para fortalecer la gobernanza ambiental.*

El proyecto “*Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo*”, estaría aportando elementos para cumplir con los objetivos 2, 4 y 5, al dotar a la isla de una recuperación y estabilización de la línea costera, lo que aumentaría su resiliencia ante algún evento hidrometeorológico, recuperaría y conservaría hábitat importantes para las especies de flora y fauna, y detendría la pérdida de capital natural como lo es la playa.

III.2.5. Política Nacional de Mares y Costas

La Comisión Intersecretarial para el Desarrollo Sustentable de Mares y Costas (CIMARES) fue creada siguiendo las recomendaciones de la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico), la cual está conformada por todas las instancias federales relacionadas con el manejo de las zonas costeras y marinas. En diciembre del 2012 la CIMARES publicó la Política Nacional de Mares y Costas (PNMC), en la cual se propone un manejo integrado para garantizar el mantenimiento y función de los ecosistemas costeros y oceánicos. El PNMC, tiene como objetivos los siguientes:

- **Objetivo General 1:** *Contribuir a mejorar las condiciones de vida de los habitantes de las poblaciones costeras por medio del aprovechamiento sustentable de los recursos que ofrecen las zonas marinas y costeras, y*

procurando una distribución más equitativa de la riqueza que en ellas se genera.

- **Objetivo General 2:** *Fortalecer las economías locales, mejorar la competitividad regional y contribuir a la nacional, incentivando las actividades económicas y productivas responsables con el medio ambiente marino y costero.*
- **Objetivo General 3:** *Asegurar que la estructura y función de los ecosistemas marino-costeros no sufran alteraciones irreversibles y en su caso se recupere su resiliencia y mantener, inducir o incrementar los bienes y servicios que prestan y su calidad paisajística.*

Para el cumplimiento de dichos objetivos la PNMC establece los siguientes ejes rectores:

- El gobierno Federal será el ente coordinador y responsable de una política democrática, clara e incluyente para el desarrollo sustentable de mares y costas nacionales, fomentando aquellas iniciativas de desarrollo que mantengan y fortalezcan ambientes naturales o inducidos que mejoren los servicios ambientales locales, la calidad de vida de los pobladores, la economía y la competitividad.
- Es necesario revertir el daño ocasionado a los ecosistemas marinos y costeros, recuperando su capacidad de auto-regeneración y equilibrio, y detener su afectación negativa para recuperar sus efectos positivos en la calidad de vida y las economías locales, mediante la precaución y la previsión y compensación del mismo.
- Se impulsarán las iniciativas dirigidas a multiplicar y coordinar los esfuerzos de gobierno y sociedad para el establecimiento de una cultura ambiental que induzca el desarrollo económico armónico con el capital natural y que contribuya a un desarrollo social equilibrado y justo.
- El trabajo para alcanzar objetivos y metas será sostenido en plazos medios y largos, mediante acciones de gobierno claras, sencillas, transparentes, incluyentes y fundadas en el desarrollo de la ciencia y la tecnología.
- Deberá darse cabal cumplimiento a todos aquellos instrumentos normativos, convenios, convenciones y acuerdos internacionales firmados y ratificados por el Estado Mexicano, así como promover la ratificación y adopción de aquellos que puedan ser de efectos positivos sobre los mares y zonas costeras mexicanas, y resulten congruentes con los principios e intereses de la nación.
- Se construirán los mecanismos e instrumentos necesarios para lograr la coordinación entre las dependencias federales, y de éstas con las estatales y municipales, en la planeación y ejecución de las responsabilidades de control, vigilancia, protección y procuración de justicia ambiental y administrativa en las zonas marinas y costeras.

Con la implementación del presente proyecto se coadyuvará a mejorar las condiciones de vida de los habitantes de las poblaciones costeras, al recuperar y estabilizar la línea de costa de Isla Chica, Holbox, la cual actualmente presenta un grado de erosión alarmante, con infraestructura en el agua, potencial pérdida de las propiedades colindantes a lo que era playa, pérdida de hábitats y servicios eco sistémicos. Con la

recuperación de la playa, la población se protegerá ante algún evento hidrometeorológico, seguirá ofertando al turismo una playa de arena blanca y de grandes dimensiones, tendrá a salva guarda sus propiedades, entre otras, por lo que el proyecto se adecuará los objetivos y ejes rectores del PNMC.

III.2.6. Plan Estratégico para el Desarrollo Integral de Quintana Roo 2000 – 2025

El Plan Estratégico para el Desarrollo Integral de Quintana Roo tiene como objetivo “establecer las bases para el desarrollo integral y sustentable de Quintana Roo, que promueva la competitividad de los sectores económicos clave y mejore el nivel de vida y bienestar de sus habitantes”, en el cual se destacan con las estrategias para cuatro retos fundamentales que hay que corregir para encaminar por la senda del desarrollo al Estado:

1. Consolidar el desarrollo del Estado teniendo como eje el turismo
2. Diferencia de desarrollo entre zonas en el Estado
3. El Estado deberá buscar un desarrollo sustentable
4. Integración del Estado a un mundo globalizado

Una vez consensuados todos los sectores, se concluyó que la visión estatal 2025, dice a letra:

Quintana Roo mantiene un desarrollo sostenible en armonía con el medio ambiente, soportado por el turismo diversificado y altamente diferenciado como eje económico, integrado regionalmente y vinculado con las demás actividades productivas en un marco que promueve la competencia, donde el factor humano posee una identidad propia y es considerado como base estructural del cambio y fin último del desarrollo.

Con la finalidad de cumplir con la visión estatal dentro del plan estratégico se formularon las siguientes cinco Estrategias Angulares:

1. Consolidación e Integración del sector turismo
2. Diversificación de la oferta turística de Quintana Roo
3. Vinculación de cadenas productivas al sector turismo
4. Promoción a las actividades con potencial exportador
5. Administración del crecimiento

El presente proyecto denominado “*Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo*”, no contraviene las estrategias establecidas para cumplir la visión estatal 2025, es más, al recuperar la playa se mejorará sustancialmente el paisaje lo que mantendrá o mejorará la oferta turística de la Isla Chica, Holbox.

III.2.7. Plan Estatal de Desarrollo Quintana Roo 2016 - 2022

Por ley, este Plan Estatal de Desarrollo debe ser producto de un ejercicio de participación ciudadana dentro de los primeros cuatro meses de gobierno, dado que el actual gobierno

del Estado de Quintana Roo tomo posesión el 25 de septiembre del 2016, este plan todavía no ha sido publicado.

III.2.8. Programas de Ordenamiento Ecológico Local

Al momento de la elaboración del presente estudio, el Municipio de Lázaro Cárdenas no contaba con un Programa de Ordenamiento Ecológico Local.

III.2.9. Programa de Desarrollo Urbano

Al momento de la elaboración del presente estudio, el Municipio de Lázaro Cárdenas no contaba con un Programa de Desarrollo Urbano.

III.3. Análisis de los Instrumentos Normativos

III.3.1. Leyes y Reglamentos

III.3.1.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

Dado que el proyecto solicita autorización en materia de impacto ambiental, modalidad regional (MIA-R) conforme a la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), es necesario identificar, evaluar y, en su caso, prevenir y mitigar los posibles impactos que el proyecto en mención generará en el entorno ambiental en el que se desarrollará.

La LGEEPA publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988, última reforma publicada el 09 de enero de 2015, establece:

Artículo 1.- La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar;
- ...
- III.- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;
- IV.- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas;
- V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean

- compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;
- VI.- La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo;
- VII.- Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente;
- ...
- X.- El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan.

En todo lo no previsto en la presente Ley, se aplicarán las disposiciones contenidas en otras leyes relacionadas con las materias que regula este ordenamiento.

“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.

Artículo 5º. - *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;*

Artículo 15.- *Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:*

- I.- Los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y de su equilibrio dependen la vida y las posibilidades productivas del país;*
- II.- Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad;*
- III.- Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico;*
- IV.- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente, promueva o realice acciones de mitigación y adaptación*
- V.- La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico, comprende tanto las condiciones presentes como las que determinarán la calidad de la vida de las futuras generaciones;*
- VI.- La prevención de las causas que los generan, es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos;*

XII.- Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. Las autoridades en los términos de esta y otras leyes, tomarán las medidas para garantizar ese derecho;

XIII.- Garantizar el derecho de las comunidades, incluyendo a los pueblos indígenas, a la protección, preservación, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la salvaguarda y uso de la biodiversidad, de acuerdo a lo que determine la presente Ley y otros ordenamientos aplicables;

XVI.- El control y la prevención de la contaminación ambiental, el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural en los asentamientos humanos, son elementos fundamentales para elevar la calidad de vida de la población;

La presente Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto denominado “Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo” se presenta por parte del promovente para ejercer su responsabilidad ambiental, evitar un desequilibrio ecológico mayor en la Isla Chica, Holbox, garantizar el derecho de la comunidad a un ambiente digno, etc., además se proponen medidas de mitigación con la finalidad de prevenir y minimizar los impactos que cause su ejecución, por lo anterior, éste se somete a las regulaciones y atribuciones de la Federación, para que ésta lo evalúe conforme a sus atribuciones previstas en esta Ley.

Artículo 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a las que se sujetará la realización de obras y actividades que pueden causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites o condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para 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 (...)

I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carbo ductos y poliductos;

IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;

X.- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales;”

XI. Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación;

El proyecto corresponde a una obra que tiene un efecto en ecosistemas costeros y se encuentra inmerso en el Área Natural Protegida con Categoría de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, citados en las fracciones I, IX, X y XI del artículo 28 de la LGEEPA, toda vez que contempla un plan estratégico para la Isla Chica, Holbox, contra la erosión de su zona costera (litoral y Zona Federal Marítimo Terrestre) mediante la recuperación de la playa, conformación y reforestación de la duna costera, habilitación de rompeolas, rehabilitación y ampliación de espigones, y el retiro de espigones que sobresalgan del relleno. Esto se llevará a cabo tomando medidas tanto de seguridad ambiental y civil

como de mitigación, prevención y control como queda asentado en el presente estudio ambiental.

Respecto a la autorización del proyecto, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales tiene la facultad para evaluar y considerar la viabilidad del mismo, a través de un estudio denominado Manifestación de Impacto Ambiental referido en el Artículo 30 de la LGEEPA, el cual cita textualmente:

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.

Derivado de lo anterior, es que se ingresa el presente estudio de impacto ambiental del proyecto que nos atañe; para la debida evaluación en materia de impacto ambiental por parte de la Secretaría.

Durante el proceso de evaluación, las causas por las cuales la Secretaría pueda no autorizar la elaboración del proyecto se señalan en el Artículo 35, en su Fracción III de la Ley en cuestión, que menciona lo siguiente:

Artículo 35. (...) Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente en la que podrá:

III.- Negar la autorización solicitada, cuando:

- a) Se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones aplicables;*
- b) La obra o actividad de que se trate pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies, o*
- c) Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate.*

La presente Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto denominado “Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo”, cuya evaluación será sometida a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, no contraviene ninguna de las disposiciones citadas en el párrafo anterior, lo cual será evidenciado en el cuerpo del presente documento. Adicional a esto, se declara que este estudio no incurre en falsedad alguna, así como la obra o actividad que se pretende realizar no propicia el que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción, es más coadyuvara a evitar la

pérdida de ejemplares y hábitats de especies protegidas que la erosión de la zona costera ha propiciado.

Artículo 44.- *Las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas, quedarán sujetas al régimen previsto en esta Ley y los demás ordenamientos aplicables.*

Los propietarios, poseedores o titulares de otros derechos sobre tierras, aguas y bosques comprendidos dentro de áreas naturales protegidas deberán sujetarse a las modalidades que de conformidad con la presente Ley, establezcan los decretos por los que se constituyan dichas áreas, así como a las demás previsiones contenidas en el programa de manejo y en los programas de ordenamiento ecológico que correspondan.

El proyecto denominado “Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo”, se ubica dentro de la ANP Área de Protección de Flora y Fauna Yum-Balam, por lo que se sujeta a lo establecido en la presente ley.

Artículo 46.- *Se consideran áreas naturales protegidas:*

...

VII.- *Áreas de protección de flora y fauna;*

...

En las áreas naturales protegidas no podrá autorizarse la fundación de nuevos centros de población.

En las áreas naturales protegidas queda prohibida la introducción de especies exóticas invasoras

Artículo 51.- *Para los fines señalados en el presente Capítulo, así como para proteger y preservar los ecosistemas marinos y regular el aprovechamiento sustentable de la flora y fauna acuática, en las zonas marinas mexicanas, que podrán incluir la zona federal marítimo terrestre contigua, se podrán establecer áreas naturales protegidas de los tipos a que se refieren las fracciones I, III, IV, VII y VIII del artículo 46, atendiendo a las características particulares de cada caso.*

En estas áreas se permitirán y, en su caso, se restringirán o prohibirán las actividades o aprovechamientos que procedan, de conformidad con lo que disponen estas Leyes, la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, la Ley General de Vida Silvestre, la Ley Federal del Mar, las convenciones internacionales de las que México sea parte y las demás disposiciones jurídicas aplicables.

Las autorizaciones, concesiones o permisos para el aprovechamiento de los recursos naturales en estas áreas, así como el tránsito de embarcaciones en la zona o la construcción o utilización de infraestructura dentro de la misma, quedarán sujetas a lo que dispongan los Programas de Manejo y las declaratorias correspondientes.

Para el establecimiento, administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas establecidas en las zonas marinas mexicanas, así como para la elaboración de su programa de manejo, se deberán coordinar, atendiendo a sus respectivas competencias, la Secretaría y la Secretaría de Marina. En todos los casos queda prohibida la introducción de especies exóticas invasoras.

Artículo 54.- *Las áreas de protección de la flora y la fauna se constituirán de conformidad con las disposiciones de esta Ley, de la Ley General de Vida Silvestre, la Ley de Pesca y demás aplicables, en los lugares que contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres.*

En dichas áreas podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento sustentable de las especies mencionadas, así como las relativas a educación y difusión en la materia.

Asimismo, podrá autorizarse el aprovechamiento de los recursos naturales a las comunidades que ahí habiten en el momento de la expedición de la declaratoria respectiva, o que resulte posible según los estudios que se realicen, el que deberá sujetarse a las normas oficiales mexicanas y usos del suelo que al efecto se establezcan en la propia declaratoria.

Artículo 83.- *El aprovechamiento de los recursos naturales en áreas que sean el hábitat de especies de flora o fauna silvestres, especialmente de las endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, deberá hacerse de manera que no se alteren las condiciones necesarias para la subsistencia, desarrollo y evolución de dichas especies.*

La Secretaría deberá promover y apoyar el manejo de la flora y fauna silvestre, con base en el conocimiento biológico tradicional, información técnica, científica y económica, con el propósito de hacer un aprovechamiento sustentable de las especies.

El proyecto denominado “*Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo*”, se ubica dentro de la ANP Área de Protección de Flora y Fauna Yum-Balam, cuyo programa de manejo no ha sido publicado en el DOF. Sin embargo, actualmente se cuenta con un Resumen del Programa de Manejo publicado el 9 de noviembre en la página de la CONANP, el cual está siendo sometido actualizado y consensado con la población, por lo que la implementación del presente proyecto está basada en las disposiciones jurídicas aplicables publicadas en el DOF, DO o Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo.

Artículo 98.- *Para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán los siguientes criterios:*

- I.** *El uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas;*
- II.** *El uso de los suelos debe hacerse de manera que éstos mantengan su integridad física y su capacidad productiva;*

- III. Los usos productivos del suelo deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos;*
- IV. En las acciones de preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, deberán considerarse las medidas necesarias para prevenir o reducir su erosión, deterioro de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida duradera de la vegetación natural;*
- V. En las zonas afectadas por fenómenos de degradación o desertificación, deberán llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias, a fin de restaurarlas, y*
- VI. La realización de las obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.*

El proyecto en comento cumple con los criterios establecidos en el presente Artículo, ya que su objetivo principal es la *recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa* de la Isla Chica, Holbox, con lo que se garantiza la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo.

III.3.1.2. *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA)*

Tal como se estableció previamente, el proyecto solicita autorización en materia de impacto ambiental, modalidad regional (MIA-R) conforme a la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y que mediante su reglamento establece dichas bases. Considerando que el presente estudio se orienta a la identificación, prevención y mitigación de los posibles daños causados por la implementación de las obras y actividades del proyecto a realizar durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento del mismo.

El Reglamento de la LGEEPA publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo del 2000, con última reforma vigente del 31 de octubre de 2014, establece en su Capítulo II, Artículo 5º, Inciso (Fracciones III y VII), Inciso A, Q, R y S (Fracción I) el tipo de obras que requieren autorización de la Secretaría.

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:

A) HIDRÁULICAS:

- III. Proyectos de construcción de muelles, canales, escolleras, **espigones**, bordos, dársenas, represas, **rompeolas**, malecones, diques, varaderos y muros de contención de aguas nacionales, con excepción de los bordos de represamiento*

del agua con fines de abrevadero para el ganado, autoconsumo y riego local que no rebase 100 hectáreas;

VII. Depósito o relleno con materiales para ganar terreno al mar o a otros cuerpos de aguas nacionales.

Q) DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS:

Construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, vías generales de comunicación, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, que afecte ecosistemas costeros, con excepción de:

- a) Las que tengan como propósito la protección, embellecimiento y ornato, mediante la utilización de especies nativas;*
- b) Las actividades recreativas cuando no requieran de algún tipo de obra civil; y*
- c) La construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en los ecosistemas costeros.*

R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS AL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES:

I. Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas.”

S) OBRAS EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS:

Cualquier tipo de obra o instalación dentro de las áreas naturales protegidas de competencia de la Federación, con excepción de:

- a) Las actividades de autoconsumo y uso doméstico, así como las obras que no requieran autorización en materia de impacto ambiental en los términos del presente artículo, siempre que se lleven a cabo por las comunidades asentadas en el área y de conformidad con lo dispuesto en el reglamento, el decreto y el programa de manejo respectivos;*
- b) Las que sean indispensables para la conservación, el mantenimiento y la vigilancia de las áreas naturales protegidas, de conformidad con la normatividad correspondiente;*
- c) Las obras de infraestructura urbana y desarrollo habitacional en las zonas urbanizadas que se encuentren dentro de áreas naturales protegidas, siempre que no rebasen los límites urbanos establecidos en los Planes de Desarrollo Urbano respectivos y no se encuentren prohibidos por las disposiciones jurídicas aplicables, y*

- d) *Construcciones para casa habitación en terrenos agrícolas, ganaderos o dentro de los límites de los centros de población existentes, cuando se ubiquen en comunidades rurales.*

Dada la naturaleza del proyecto, el cual contempla un plan estratégico para la Isla Chica, Holbox, contra la erosión de su zona costera, mediante la recuperación de la playa, conformación y reforestación de la duna costera, habilitación de rompeolas, rehabilitación y ampliación de espigones, y el retiro de espigones que sobresalgan del relleno, a pesar de los supuestos de protección y conservación, el Reglamento de la LGEEPA establece que es necesaria la realización del presente estudio para someterlo a evaluación por parte de la Secretaría.

Por lo tanto, se presenta una Manifestación de Impacto Ambiental en su Modalidad Regional cumpliendo con lo estipulado en el Artículo 9, 10 y 12 del REIA y estableciendo que **no** se encuentra dentro de los supuestos establecidos por el Artículo 11 de dicho reglamento, que se citan a continuación:

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.

La Información que contenga la Manifestación de Impacto Ambiental, deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto (...).

Artículo 10.- Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:

- I. Regional, o*
- II. Particular.*

Artículo 11.- Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:

- I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas;*
- II. Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento;*
- III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y*
- IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.*

De acuerdo a lo anterior, esta manifestación se presenta en modalidad regional debido a que se encuentra dentro del supuesto III, del Artículo 11. Se establece que la información ambiental del presente estudio es real y fidedigna, y cumple los alcances establecidos en el reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

III.3.1.3. *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas (RANP)*

El Reglamento de la LGEEPA en Materia de ANP publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre del 2000, con última reforma vigente del 21 de mayo del 2014, establece en su Artículo 72, 87 y 88 los lineamientos de la ANP, prohibiciones y los lineamientos para los proyectos que se quieran hacer en dichas áreas, y que a letra dicen:

Artículo 72.- Las áreas naturales protegidas deberán contar con un programa de manejo que será elaborado por la Secretaría en los términos del artículo 65 de la Ley. El programa deberá sujetarse a las disposiciones contenidas en la declaratoria del área natural protegida de que se trate, y tendrá por objeto la administración de la misma.

El proyecto denominado “*Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo*”, se ubica dentro de la ANP Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, cuyo programa de manejo no ha sido publicado en el DOF. Sin embargo, actualmente se cuenta con un Resumen de Programa de Manejo publicado el 9 de noviembre en la página de la CONANP, el cual está siendo sometido, actualizado y consensado con la población. Por lo que la implementación del presente proyecto está basada en las disposiciones jurídicas aplicables publicadas en el DOF.

Artículo 87.- De acuerdo con la declaratoria podrán establecerse las siguientes prohibiciones, salvo que se cuente con la autorización respectiva:

- I.- Cambiar el uso del suelo de superficies que mantengan ecosistemas originales;*
- II.- Molestar, capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de vida silvestre o sus productos;*
- III.- Remover o extraer material mineral;*
- IV.- Utilizar métodos de pesca que alteren el lecho marino;*
- V.- Trasladar especímenes de poblaciones nativas de una comunidad biológica a otra;*
- VI.- Alterar o destruir por cualquier medio o acción los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de las especies silvestres;*
- VII.- Alimentar, tocar o hacer ruidos intensos que alteren el comportamiento natural de los ejemplares de la vida silvestre;*
- VIII.- Introducir plantas, semillas y animales domésticos;*
- IX.- Introducir ejemplares o poblaciones silvestres exóticas;*
- X.- Dañar, cortar y marcar árboles;*
- XI.- Hacer un uso inadecuado o irresponsable del fuego;*

- XII.- Interrumpir, desviar, rellenar o desecar flujos hidráulicos o cuerpos de agua;*
- XIII.- Abrir senderos, brechas o caminos;*
- XIV.- Arrojar, verter o descargar cualquier tipo de desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos o cualquier otro tipo de contaminante, tales como insecticidas, fungicidas y pesticidas, entre otros, al suelo o a cuerpos de agua;*
- XV.- Utilizar lámparas o cualquier fuente de luz para aprovechamiento u observación de ejemplares de la vida silvestre;*
- XVI.- Usar altavoces, radios o cualquier aparato de sonido, que altere el comportamiento de las poblaciones o ejemplares de las especies silvestres o que impida el disfrute del área protegida por los visitantes, y*
- XVII.- Hacer uso de explosivos.*

Los pobladores de las áreas naturales protegidas quedarán exceptuados de las fracciones II, III y X cuando se encuentren realizando la actividad con fines de autoconsumo dentro de los predios de su propiedad y no exista programa de manejo.

Durante la implementación del presente proyecto se actuará con las prohibiciones establecidas en el presente artículo.

Artículo 88.- *Se requerirá de autorización por parte de la Secretaría para realizar dentro de las áreas naturales protegidas, atendiendo a las zonas establecidas y sin perjuicio de las disposiciones legales aplicables, las siguientes obras y actividades:*

...

VII. Obras que, en materia de impacto ambiental, requieran de autorización en los términos del artículo 28 de la Ley;

...

IX. Uso y aprovechamiento de la zona federal marítimo terrestre;

La MIA regional del proyecto denominado “*Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo*”, se someterá a la Secretaría con la finalidad de obtener la autorización en materia de impacto ambiental, que se requiere para su ejecución.

III.3.1.4. *Ley General de Vida Silvestre (LGVS)*

Esta ley se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000, texto vigente, cuya última reforma publicada en el DOF fue el 13 de mayo de 2016, y establece que:

Artículo 4º. *- 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.*

Artículo 58. Entre las especies y poblaciones en riesgo estarán comprendidas las que se identifiquen como:

- a) *En peligro de extinción, aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.*
- b) *Amenazadas, aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazos, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.*
- c) *Sujetas a protección especial, aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.*

Artículo 60 Bis 1. Ningún ejemplar de tortuga marina, cualquiera que sea la especie, podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo, ya sea de subsistencia o comercial, incluyendo sus partes y derivados.

Artículo 60 Bis 2. Ningún ejemplar de ave correspondiente a la familia Psittacidae o psitácido, cuya distribución natural sea dentro del territorio nacional, podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo con fines de subsistencia o comerciales.

Las especies de psitácidos no comprendidas en el presente artículo quedan sujetas a las disposiciones previstas en las demás leyes y Tratados Internacionales de los cuales México sea parte.

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.

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.

Parte de los objetivos del presente proyecto es conservar la vida silvestre mediante la recuperación de su hábitat, es decir la playa. En el área de estudio se encuentran distribuidas especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que en la presente MIA-R se establecerán medidas de mitigación para evitar cualquier daño a estas.

III.3.1.5. *Ley General de Bienes Nacionales (LGBN)*

La LGBN publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2004, actualizada el 7 de junio de 2013, establece:

Artículo 7º. *Son bienes de uso común: ...*

IV.- Las playas marítimas, entendiéndose por tales las partes de tierra que por virtud de la marea cubre y descubre el agua, desde los límites de mayor reflujó hasta los límites de mayor flujo anuales y la Zona Federal Marítimo Terrestre.

V.- La Zona Federal Marítimo Terrestre.

El proyecto se desarrollará en la playa y en gran parte de la Zona Federal Marítimo Terrestre, los cuales son considerados bienes comunes, por lo que se dará aviso a las autoridades correspondientes de la ZOFEMAT una vez autorizada la MIA-R, sobre el inicio de actividades que competen al proyecto.

III.3.1.6. *Ley de Agua Nacionales (LAN)*

La LAN fue publicada en el Diario oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992, cuya última reforma se realizó el 24 de marzo del 2016, en la que se establece:

Artículo 86 BIS 1. *Para la preservación de los humedales que se vean afectados por los regímenes de flujo de aguas nacionales, "la Comisión" actuará por medio de los Organismos de Cuenca, o por sí, en los casos previstos en la Fracción IX del Artículo 9 de la presente Ley, que quedan reservados para la actuación directa de "la Comisión". Para tales efectos, tendrá las siguientes atribuciones:*

...

IV. Promover y, en su caso, realizar las acciones y medidas necesarias para rehabilitar o restaurar los humedales, así como para fijar un entorno natural o perímetro de protección de la zona húmeda, a efecto de preservar sus condiciones hidrológicas y el ecosistema, y

V. Otorgar permisos para desecar terrenos en humedales cuando se trate de aguas y bienes nacionales a su cargo, con fines de protección o para prevenir daños a la salud pública, cuando no competan a otra dependencia.

Artículo 86 BIS 2. *Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.*

Artículo 88. Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.

Los mangles que se ubican en la zona Noreste en las colindancias con la desembocadura del río han perdido su entorno natural de fijación, al grado que por la erosión en la zona los ejemplares se han caído o muerto, el proyecto es una acción para restaurar dicha área de mangles y el presente documento se somete para la autorización de las obras.

La arena empleada para la recuperación de la playa, de acuerdo a los resultados del análisis CRIT realizados en la zona de disposición de arena tampoco son considerados residuos peligrosos.

El proyecto considera un adecuado manejo de los residuos, con lo cual no habrá vertimiento de contaminantes a ningún cuerpo de agua. Además, no pretende se descargar aguas residuales, ya que durante la etapa de preparación del sitio y construcción las aguas residuales serán manejadas mediante letrinas portátiles tipo Sanisecos, por empresas particulares especializadas.

III.3.1.7. *Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos ganados al mar*

El presente reglamento fue publicado en el DOF el 21 de agosto de 1991, establece la responsabilidad de la Federación del mantenimiento, conservación y protección de las playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos ganados al mar, enunciando textualmente:

Artículo 5o. 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.

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.

Artículo 7o.- Las playas y la zona federal marítimo terrestre podrán disfrutarse y gozarse por toda persona sin más limitaciones y restricciones que las siguientes:

- 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;
- 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 atendiendo las normas de desarrollo urbano, arquitectónicas y las previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; y
- III. Se prohíbe la realización de actos o hechos que contaminen las áreas públicas de que trata el presente capítulo.

El proyecto se desarrollará en la playa y en gran parte de la Zona Federal Marítimo Terrestre, los cuales son considerados bienes de dominio público de la Federación, su implementación recuperará, estabilizará y conservará dichos bienes, que actualmente se encuentra evidentemente erosionados.

III.3.1.8. Ley Federal de Turismo

La presente ley fue publicada en el DOF el 17 de junio del 2009, con una actualización publicada el 21 de diciembre del 2015 y establece que:

Artículo 2. Esta Ley tiene por objeto:

- III. Determinar los mecanismos para la conservación, mejoramiento, protección, promoción, y aprovechamiento de los recursos y atractivos turísticos nacionales, preservando el patrimonio natural, cultural, y el equilibrio ecológico con base en los criterios determinados por las leyes en la materia, así como contribuir a la creación o desarrollo de nuevos atractivos turísticos, en apego al marco jurídico vigente;

Artículo 4. Son atribuciones del Poder Ejecutivo Federal, que se ejercerán a través de la Secretaría:

- VIII. Promover la infraestructura y equipamiento, que contribuyan al fomento y desarrollo de la actividad turística, en coordinación con los Estados, Municipios y el Distrito Federal, y con la participación de los sectores social y privado, mismas que estarán sujetas a la disponibilidad de los recursos aprobados en el Presupuesto de Egresos de la Federación;
- IX. Promover acuerdos de cooperación y coordinación con el sector privado y social para el impulso, fomento y desarrollo de la actividad turística;

Con la implementación del presente proyecto se establece un mecanismo para la recuperación, estabilización y conservación de un recurso (la playa) que es uno de los

mayores atractivos turísticos del Estado, de no implementarse se tendría un perjuicio económico por la pérdida del turismo incalculable.

III.3.1.9. *Ley General de Cambio Climático*

La presente ley se publicó en el DOF el 06 de junio del 2012, cuyo texto fue vigente a partir del 10 de octubre del 2012 y establece que:

Artículo 2o. *Esta ley tiene por objeto:*

- I. *Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero;*
- II. *Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma;*
- III. *Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático;*
- 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;*
- V. *Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático;*
- VI. *Establecer las bases para la concertación con la sociedad, y*
- VII. *Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono.*

Artículo 7o. *Son atribuciones de la federación las siguientes:*

- VI. *Establecer, regular e instrumentar las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con esta Ley, los tratados internacionales aprobados y demás disposiciones jurídicas aplicables, en las materias siguientes:*
 - a) *Preservación, restauración, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, los ecosistemas terrestres y acuáticos, y los recursos hídricos;*
 - b) *...;*

Artículo 8o. *Corresponde a las entidades federativas las siguientes atribuciones:*

- II. *Formular, regular, dirigir e instrumentar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, de acuerdo con la Estrategia Nacional y el Programa en las materias siguientes:*
 - a) *Preservación, restauración, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y recursos hídricos de su competencia;*
 - ...
 - g) *Recursos naturales y protección al ambiente dentro de su competencia;*

XI. Promover la participación corresponsable de la sociedad en la adaptación y mitigación, de conformidad con lo dispuesto en las leyes locales aplicables;

Artículo 26. *En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de:*

- VII. Participación ciudadana, en la formulación, ejecución, monitoreo y evaluación de la Estrategia Nacional, planes y programas de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático;*
- VIII. Responsabilidad ambiental, quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, a la compensación de los daños que cause;*
- IX. El uso de instrumentos económicos en la mitigación, adaptación y reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático incentiva la protección, preservación y restauración del ambiente; el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, además de generar beneficios económicos a quienes los implementan;*
- 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, y ...*

Los efectos del cambio climático es una amenaza para todo el planeta; por las condiciones geográficas, climáticas, orográficas e hidrológicas, que conllevan. México es uno de los países más vulnerables ante dicho cambio. En la Isla Chica, Holbox, los procesos erosivos son muy evidentes; el presente proyecto es una acción para la mitigación y adaptación para reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas costeros (humedales y playa) de la isla ante el cambio climático. Por lo que su implementación es una prioridad ante dicho fenómeno.

III.3.2. Programas de Ordenamiento

III.3.2.1. *Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyc).*


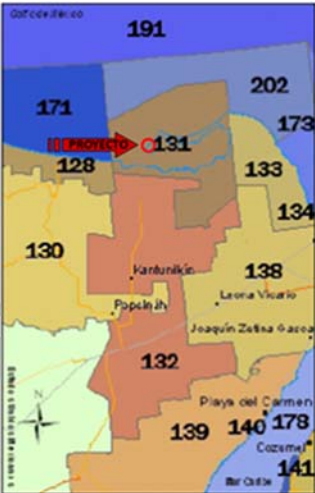
Este programa fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre de 2012; regula 203 Unidades de Gestión Ambiental (UGA's) clasificadas en Áreas Marinas y Áreas Regionales.

Este Programa de Ordenamiento Ecológico considera un modelo con lineamientos ecológicos, unidades de gestión ambiental y una estrategia ecológica con objetivos específicos, acciones generales, específicas y criterios ecológicos de acuerdo a la UGA correspondiente.

El área del proyecto se ubica en una fracción del área de ZOFEMAT y playa, así como en el área marina adyacente ubicada al interior de la UGA 131 del Programa de

Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (Tabla III_1).

Tabla III_1. Descripción de la Unidad de Gestión Ambiental número 131.

UGA 131			
			
Tipo de UGA Marina (ANP-Federal)	Nombre Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam	Municipio Lázaro Cárdenas	Estado Quintana Roo
Población 2,483 habitantes	Superficie 152,583.258 Ha	Islas Presentes: Aplicar criterios para islas	
Notas: Aplicar Decreto y Programa de Manejo del ANP			
Acciones específicas (A): 01,02,03, 05,06,07,08,09,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34, 037,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71, 72,74, 078 y 079			
Criterios de islas presentes (IS): 01,02,03,04,05,06,07,08,09,10,11,12,13,14,15,16			

Dado lo anterior se procede a la vinculación del proyecto con las acciones generales, las acciones específicas y los criterios para Islas de la UGA 131 (Tabla III_2, Tabla III_3 y Tabla III_4).

Tabla III_2. Acciones Generales del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe vinculado al proyecto.

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
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.	Debido a la naturaleza del proyecto, la cual se desarrollará en área marina y no requiere la implementación de servicios de agua potable durante su operación, ni creación de UMA's,
G002	Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.	

Clave	Acciones Generales	Vinculación 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.	las presentes acciones no le son aplicables.
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).	El proyecto requerirá reubicar temporalmente algunas especies vegetales de la duna costera, mismas que volverán a ser replantadas posterior a la rehabilitación de este sistema, para lo cual se implementará un programa que garantice su supervivencia, cumpliendo así con la presente acción.
G005	Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.	Debido a la naturaleza del proyecto, la presente acción no aplica.
G006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	El proyecto verificará el buen estado de vehículos que se utilicen para las actividades del proyecto, con la finalidad de garantizar el mínimo de emisión de gases de efecto invernadero, cumpliendo así con la presente acción.
G007	Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y comercio de Bonos de Carbono.	Debido a la naturaleza del proyecto, que tiene como finalidad el mejoramiento de playa, la presente acción no aplica.
G008	El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.	
G009	Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.	El proyecto se desplantará en el área de playa de ZOFEMAT, la cual presenta una erosión muy evidente, por lo que no se fragmentará el hábitat, cumpliendo así con la presente acción.
G010	Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.	Debido a la naturaleza del proyecto, consistente en la extracción de arena, la presente acción no aplica.
G011	Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.	El proyecto propone una serie de medidas en el Capítulo VI de este estudio para minimizar las posibles afectaciones producidas a los ecosistemas costeros, cumpliendo así con la presente acción.
G012	Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.	Debido a la naturaleza del proyecto, la presente acción no aplica.
G013	Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.	Para la reforestación de la duna, solo se utilizarán especies típicas de este sistema y que se distribuyan en la

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
		zona, cumpliendo así con la presente acción.
G014	Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.	El proyecto colinda con un río y un riachuelo con vegetación de mangle, por lo que no se considera su reforestación, la presente acción no aplica.
G015	Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto, las presentes acciones no aplican.
G016	Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.	
G017	Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.	
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.	El proyecto se ubica en el área de playa y ZOFEMAT; una vez conformada la duna se revegetará con especies típicas de ese sistema, cumpliendo así con la presente acción.
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.	El proyecto no consiste en asentamientos humanos, por lo tanto, la presente acción no aplica.
G020	Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.	El proyecto colinda con un río y un riachuelo y propone la conformación de la duna, misma que se revegetará con especies típicas de ese sistema, cumpliendo así con la presente acción.
G021	Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.	Debido a la naturaleza del proyecto, la presente acción no aplica.
G022	Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.	
G023	Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.	
G024	Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático.	El proyecto no contempla afectar los suelos permeables del área de interés, cumpliendo así con la presente acción.

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
G025	Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.	El proyecto propone la conformación de la duna costera, en su revegetación se usaran especies típicas de este sistema, las cuales son altamente tolerables a los parámetros ambientales de la isla, cumpliendo así con la presente acción.
G026	Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, es decir la rehabilitación del área de playa y ZOFEMAT, cumpliendo así con la presente acción.
G027	Promover el uso de combustibles de no origen fósil.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto las presentes acciones no aplican.
G028	Promover el uso de energías renovables.	
G029	Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.	
G030	Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.	
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.	
G032	Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.	
G033	Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.	
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.	
G035	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.	
G036	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.	
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 proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto las presentes acciones no aplican.
G038	Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.	
G039	Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.	
G040	Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	
G041	Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios.	

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
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.	
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 proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto las presentes acciones no aplican.
G044	Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.	
G045	Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.	
G046	Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto las presentes acciones no aplican.
G047	Impulsar la diversificación de actividades productivas.	
G048	Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.	El promovente se adaptará a las campañas que realice la autoridad competente, cumpliendo así con la presente acción.
G049	Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto, la presente acción no aplica.
G050	Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.	
G051	Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanas.	Como parte de las medidas de mitigación, el proyecto llevará a cabo un programa de manejo de residuos durante su etapa de preparación y construcción, cumpliendo así con la presente acción.
G052	Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).	El proyecto cuenta con medidas de prevención y mitigación para prevenir el impacto generado por los residuos sólidos, entre las que se encuentran la presencia de contenedores de basura en las áreas del proyecto, cumpliendo así con la presente acción.
G053	Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.	Debido a la naturaleza del presente proyecto, la presente acción no aplica.

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
G054	Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.	El proyecto consiste recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto, la presente acción no aplica.
G055	La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, sólo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.	
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.	
G057	Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.	
G058	La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPLAFEST que resulten aplicables.	En caso de generar residuos peligrosos, su manejo estará sujeto a los lineamientos de la CICOPLAFEST, cumpliendo así con la presente acción.
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.	El proyecto se ubica dentro de la ANP Área de Protección de Flora y Fauna Yum-Balam, cuyo programa de manejo no ha sido publicado en el DOF, por lo que no se contrapone con lo establecido en los ordenamientos jurídicos aplicables, cumpliendo así con la presente acción.
G060	Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.	Los sitios donde se habilitarán las obras, principalmente los rompeolas y espigones carecen de vegetación acuática, cumpliendo así con la presente acción.
G061	La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.	El diseño de las obras considera minimizar la contaminación al ambiente marino, además para evitar la dispersión de cualquier residuo que pudiera caer agua se utilizarán mallas antidispersión durante su habilitación, cumpliendo así con la presente acción.
G062	Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto, las presentes acciones no aplican.
G063	Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.	
G064	La construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas deberá evitar modificaciones en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos	

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
	o superficiales o atender dichas modificaciones en caso de que sean inevitables.	
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 contrapone a lo establecido en su respectivo decreto, durante su evaluación se pide a la Secretaria que ésta solicite a la Dirección del Área de Protección de Flora y Fauna Yum-Balam su opinión técnica, por lo que se dará cumplimiento a la presente acción general.

Tabla III_ 3. Acciones Específicas del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe vinculada al proyecto.

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
A001	Fortalecer los mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto, las presentes acciones no aplican.
A002	Instrumentar mecanismos de capacitación para el manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas.	
A003	Fomentar el uso de fertilizantes orgánicos y abonos verdes en los procesos de fertilización del suelo de actividades agropecuarias y forestales.	
A005	Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma.	
A006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	
A007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	
A008	Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de conservación.	
A009	Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas.	
A010	Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas.	

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
		respecto, con lo cual, se cumplirá con las presentes acciones.
A011	Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto, la presente acción no aplica.
A012	Promover la preservación de las dunas costeras y su vegetación natural, a través de la ubicación de la infraestructura detrás del cordón de dunas frontales.	En gran parte del área del proyecto no existe duna costera, por lo que una de sus actividades es la rehabilitación de ésta con vegetación típica de dicho sistema, con lo cual, se cumplirá con las presentes acciones.
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.	El proyecto no contempla la introducción de ningún tipo de especies, por lo que la presente acción no aplica.
A014	Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica.	Debido a la naturaleza del proyecto, la presente acción no aplica.
A015	Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto, las presentes acciones no aplican.
A016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	
A017	Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas.	El proyecto pretende llevar a cabo la restauración de la duna costera ya que, debido a la erosión presente en el sitio, ésta prácticamente ha desaparecido. Como parte integral de esta actividad se pretende, una vez restaurada la duna, revegetarla con plantas típicas de este ecosistema.
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 proyecto en sí es una acción que coadyuvará a proteger hábitats de especies listadas en dicha NOM, además consideran medidas de prevención las cuales se describen en el capítulo VI del presente estudio, cumpliendo con la presente acción no aplican.
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.	El proyecto no contempla la realización de programas de remediación, por lo tanto, la presente acción no aplica.

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
A020	Promover el uso de tecnologías de manejo de la caña en verde para evitar las emisiones producidas en los periodos de zafra.	Debido a la naturaleza del proyecto, la presente acción no aplica.
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.	El proyecto se ubica en el área de playa, ZOFEMAT y área marina, colindante con un área urbana, aunque la presente acción no le aplique , se llevará a cabo medidas para controlar las emisiones al aire, calidad de agua, suelo y se contemplara el manejo de residuos.
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	El área del proyecto no corresponde a zonas afectadas por hidrocarburos, por lo tanto, la presente acción no aplica.
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 proyecto contempla una serie de medidas en el desarrollo de este, cumpliendo así con la presente acción.
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.	
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.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, las presentes acciones no aplican.
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.	
A027	Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, es decir recuperar la playa por lo que esta se mantendrá 100% libre, cumpliendo así con la presente acción.
A028	Promover las medidas necesarias para que la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas evite generar efectos negativos sobre su estructura o función ecosistémica.	En el área del proyecto no existe duna costera, su rehabilitación es una actividad del proyecto, por lo que la presente acción no aplica.
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	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, la cual debido a la erosión ha

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
	por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.	sido modificada, éste además por su cercanía con la costa no afectará los patrones naturales de circulación, cumpliendo así con la presente acción.
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.	
A031	Promover la preservación de las características naturales de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros.	Dada la distancia de la laguna Conil a las obras del proyecto esta no se verá afectada, cumpliendo así con la presente acción.
A032	Promover el mantenimiento de las características naturales, físicas y químicas de playas y dunas costeras.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, cuyas obras promueven la rehabilitación de la duna costera manteniendo sus características naturales, cumpliendo así con la presente acción.
A033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	Las presentes acciones no aplican dada la naturaleza del proyecto.
A034	Promover mecanismos de generación de energía eléctrica usando la fuerza mareomotriz.	Las presentes acciones no aplican dada la naturaleza del proyecto.
A037	Promover la generación energética por medio de energía solar.	
A038	Impulsar el uso de los residuos agrícolas	
A039	Promover la reducción del uso de agroquímicos sintéticos a favor del uso de mejoradores orgánicos.	
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.	Debido a la naturaleza del proyecto, las presentes acciones no aplican.
A041	Fortalecer los mecanismos de seguimiento y control de las pesquerías comerciales para evitar su sobreexplotación.	
A042	Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia de las actividades extractivas de especies marinas de captura comercial, especialmente aquellas que se encuentran en las categorías en deterioro o en su límite máximo de explotación.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto, las presentes acciones no aplican.
A043	Fomentar la creación, impulso y consolidación de una flota pesquera de altura para el manejo de los recursos pesqueros oceánicos	
A044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
A045	Desarrollar e impulsar el uso de la fauna de acompañamiento, salvo las especies que se encuentran en algún régimen de protección, para la producción comercial de harinas y complementos nutricionales.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto, las presentes acciones no aplican.
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.	
A047	Monitorear las comunidades planctónicas y áreas de mayor productividad marina para ligar los programas de manejo de pesquerías de manera predictiva con estos elementos.	
A048	Contribuir a redimensionar y ajustar las flotas pesqueras y los esfuerzos de captura a las capacidades y estados actuales y previsibles de las poblaciones en explotación.	
A049	Contribuir a la construcción, modernización y ampliación de la infraestructura portuaria de apoyo a la producción pesquera y turística para embarcaciones menores.	
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.	
A051	Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para mejorar la comunicación.	
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. A053 Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	
A053	Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	
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.	
A055	Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción agropecuaria para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa.	
A056	Identificar e implementar aquellos cultivos aptos a las condiciones ambientales cambiantes.	
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.	

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
A058	Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo tanto, las presentes acciones no aplican.
A059	Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable.	
A060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.	
A061	Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación.	
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.	
A063	Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes.	
A064	Completar la conexión de las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento.	
A065	Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales.	
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.	
A067	Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas.	
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.	El presente proyecto contempla la implementación de medidas de mitigación, control y prevención respecto a la generación, manejo y disposición final de residuos sólidos, de manejo especial y peligroso, por lo cual, las presentes acciones serán cumplidas.
A069	Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar.	
A070	Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera para su disposición final.	
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.	Debido a la naturaleza del proyecto, las presentes acciones no aplican.

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
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.	Debido a la naturaleza del proyecto, las presentes acciones no aplican.
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.	
A078	Promover las medidas necesarias para que el mantenimiento y/o modernización de la infraestructura existente para el desarrollo de actividades marinas, de comunicaciones y transportes y energéticas eviten generar efectos negativos sobre la estructura y función de las formaciones coralinas y la perturbación de las especies arrecifales de vida silvestre.	
A079	Promover las acciones necesarias para que el mantenimiento y/o ampliación de la infraestructura existente para el desarrollo de actividades de marinas, de comunicaciones y transportes y energéticas eviten generar efectos negativos sobre la estructura y función de los ecosistemas costeros.	

Tabla III_ 4. Acciones Específicas de Islas del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe vinculada al proyecto.

Clave	Acciones de Isla	Vinculación con el proyecto
IS-01	Se deberá evitar la sobrepoblación en la isla.	Debido a la naturaleza del proyecto, las presentes acciones no aplican.
IS-02	Se promoverá la constitución o construcción de refugios anticiclónicos suficientes para la totalidad de la población residente en la isla.	
IS-03	Se deberá promover la inversión para el uso de sistemas de potabilización de agua in situ mediante técnicas de desalinización de agua de mar.	
IS-04	La construcción de marinas y muelles de gran tamaño y de servicio público o particular, deberá evitar los efectos negativos sobre la estructura y función de los ecosistemas costeros.	El proyecto consiste recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, no considera la construcción de marinas ni muelles, por lo tanto, la presente acción no aplica.
IS-05	Inducir la reglamentación y mecanismos de control, vigilancia y monitoreo sobre el uso de productos químicos, así como inducir a la supervisión y control de los depósitos de combustible incluyendo a la transportación marítima y terrestre.	Debido a la naturaleza del proyecto, la presente acción no aplica.
IS-06	En los arrecifes tanto naturales como artificiales no se deberá arrojar o verter ningún tipo de desecho sólido o	En el sitio del proyecto no se registra la presencia de arrecifes naturales o

Clave	Acciones de Isla	Vinculación con el proyecto
	líquido y, en su caso, el aprovechamiento extractivo de organismos vivos, muertos o materiales naturales o culturales sólo se realizará bajo los supuestos que señala la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.	artificiales, por lo cual la presente acción no aplica.
IS-07	Los prestadores de servicios acuáticos deben respetar los reglamentos que la autoridad establezca para fomentar el cuidado y preservación de la flora y fauna marinas.	
IS-08	Las actividades de buceo autónomo y buceo libre deben sujetarse a los reglamentos vigentes para dicha actividad en la zona en cuanto a: profundidad de buceo, distancia para video y fotografía submarina, zonas de ascenso y descenso, pruebas de flotabilidad, equipos de seguridad, número de usuarios por guía, zonas de buceo diurno y nocturno, medidas para el anclaje, respeto a las señalizaciones y a la normatividad de uso de la Zona Federal Marítimo Terrestre.	Debido a la naturaleza del proyecto, las presentes acciones no aplican.
IS-09	El anclaje de embarcaciones sólo se permitirá en zonas arenosas libres de corales y/u otras comunidades vegetales o animales, mediante anclas para arena.	En el sitio donde se llevará a cabo la implementación del proyecto se registra la presencia de arenales sin poblaciones establecidas de pastos y algas, con lo cual se cumple la presente acción.
IS-10	En las colonias reproductivas de aves costeras o marinas de las islas, se deberán evitar el desarrollo de actividades o infraestructura que alteren las condiciones necesarias para mantener la viabilidad ecológica y/o la restauración de dichas colonias de anidación.	Las obras del proyecto están diseñadas de tal manera que evitan las áreas de descanso y anidación de las aves playeras, con lo cual se cumple la presente acción.
IS-11	La construcción u operación de obras o desarrollo de actividades que requieran llevar a cabo el vertimiento de desechos u otros materiales en aguas marinas mexicanas, deberán contar con los permisos que para el efecto otorga la Secretaría de Marina y en su caso, las demás autoridades competentes.	El proyecto, previo a su construcción, obtendrá todos los permisos federales, estatales y municipales, que permitan su construcción, cumpliendo así con la presente acción.
IS-12	Se deberá evitar la introducción de especies no nativas de la isla y procurar la erradicación de aquellas que ya han sido introducidas.	Durante la revegetación de la duna solo se usaran especies típicas del sistema y que se distribuyan en la isla, cumpliendo así con la presente acción.
IS-13	Se deberá mantener la cobertura vegetal nativa de la isla al menos en un 60%.	El proyecto con la revegetación de la duna aumentará la cobertura vegetal de la isla, cumpliendo así con la presente acción.
IS-14	En Islas con población residente menor a 50 habitantes sólo se autorizarán obras destinadas a señalización por parte de la SEMAR y la SCT, así como obras destinadas a investigación debidamente concertadas con la SEMARNAT, la SCT y la SEMAR.	Debido a la naturaleza del proyecto, la presente acción no aplica.

Clave	Acciones de Isla	Vinculación con el proyecto
IS-15	Toda actividad que se vaya a llevar a cabo en islas que se encuentren dentro de un ANP deberá llevarse a cabo conforme a la normatividad aplicable, así como contar con consentimiento por escrito de la Dirección del ANP y la SEMAR.	Este criterio de procedimiento debe ser considerado durante la evaluación por parte de la SEMARNAT, del presente estudio de impacto ambiental modalidad particular, cumpliendo así con la presente acción.
IS-16	Se recomienda que las instituciones gubernamentales y académicas apoyen la actualización de los estudios poblacionales que permitan definir las especies, volúmenes de captura y artes permitidas para la actividad pesquera tanto deportiva como comercial, así como las temporadas de veda.	El proyecto no contempla la realización de actividades pesqueras, por lo que la presente acción no aplica.

III.3.3. Áreas Naturales Protegidas

El área del proyecto se encuentra al interior de un Área Natural Protegida (ANP), con el carácter de área de protección de flora y fauna denominada Yum Balam, ubicada en el Municipio de Lázaro Cárdenas, Estado de Quintana Roo.

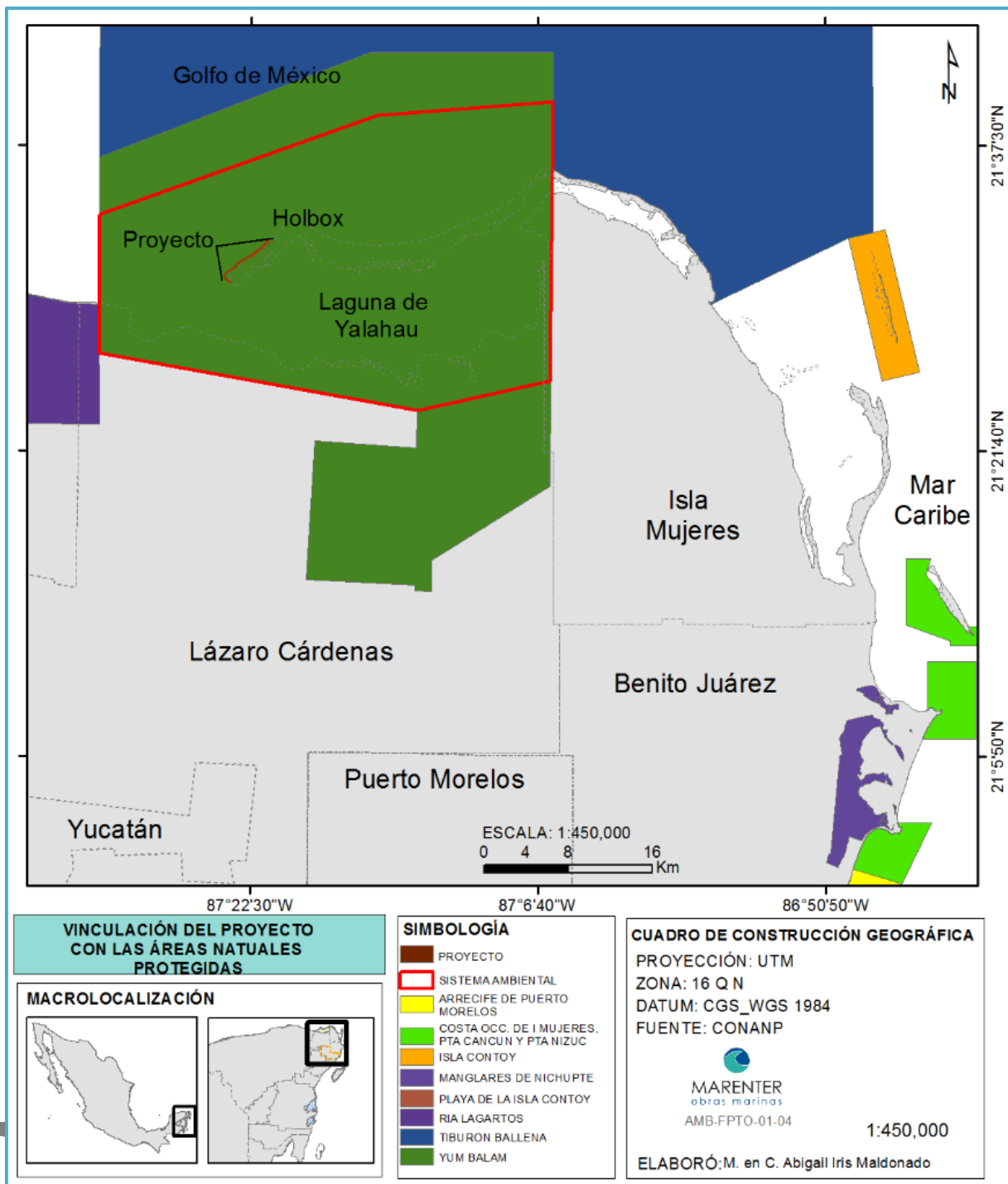


Figura III_ 3. Ubicación del proyecto en la ANP

III.3.3.1. Decreto del ANP Yum Balam

El decreto por el cual fue dada a conocer la implementación del Área Natural Protegida “Yum Balam” fue publicada en el Diario oficial de la Federación el 6 de junio de 1994 (Figura III_ 4). El proyecto que se pretende realizar no contraviene al decreto del ANP

en mención. Cabe mencionar que adicional a ello, el proyecto contemplará medidas mitigables, de preservación, control, entre otras.

En la actualidad, el Área Natural Protegida con carácter de Área de Protección de Flora y Fauna “Yum Balam”, no cuenta con programa de manejo de la misma. Sin embargo, se establecerán las medidas de mitigación necesaria para salvaguardar la integridad del ecosistema y las especies que se registren en la zona de influencia directa del proyecto.

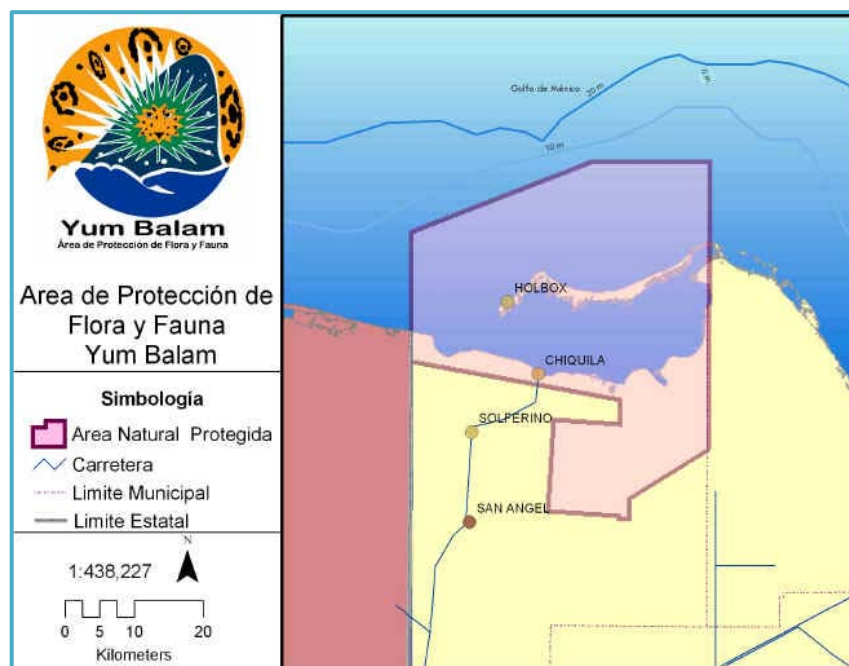


Figura III_ 4. Ubicación del proyecto en el ANP.

Tabla III_ 5. Ficha técnica del ANP.

ANP – Yum-Balm	
Categoría de Manejo:	de Área de Protección de Flora y Fauna
Fecha de Decreto:	de 06 de junio de 1994
Programa de Manejo:	de Resumen DOF no publicado / PM elaborado
Ubicación:	Estado: Quintana Roo Municipios: Isla Mujeres, Lázaro Cárdenas
Región CONANP:	Península de Yucatán y Caribe Mexicano
Superficie Total:	154,052.25 ha
Superficie Terrestre y/o Aguas Continentales:	52,307.62 ha

ANP – Yum-Balm		
Superficie Marina:	101,744.63 ha	
Población Total Estimada:	2,957 hab.	
Población Indígena Estimada:	636 hab.	
Designaciones Internacionales:	Sitio RAMSAR número 1360, designado el 2 de febrero del 2004 - Convención de Humedales	
Tipos de Vegetación de acuerdo al INEGI (Serie III):	<ul style="list-style-type: none"> • Pastizal • Selva Caducifolia • Selva Perennifolia • Selva Subcaducifolia • Vegetación de Dunas Costeras • Vegetación Hidrófila • Manglar 	
Especies Representativas:	<i>Flora:</i> Palma chit (<i>Thrinax radiata</i>), Tasiste (<i>Acoelorrhaphes wrightii</i>), Palmera real (<i>Roystonea regia</i>), Mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>), Mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>), Mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>), Mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>)	
	<i>Fauna:</i> Tortuga caguama (<i>Caretta caretta</i>), Tortuga carey (<i>Eretmochelys imbricata</i>), Cocodrilo americano (<i>Crocodylus acutus</i>), Cocodrilo de pantano (<i>Crocodylus moreletii</i>), Flamenco (<i>Phoenicopterus ruber</i>), Cigüeña jabirú (<i>Jabiru mycteria</i>), Espátula rosada (<i>Ajaia ajaja</i>), Mono araña (<i>Ateles geoffroyi</i>), Saraguato de manto (<i>Alouatta pigra</i>), Oso hormiguero (<i>Tamandua mexicana</i>), Jaguar (<i>Panthera onca</i>), Puma (<i>Puma concolor</i>), Ocelote, tigrillo (<i>Leopardus pardalis</i>), Tigirillo, ocelote, margay (<i>Leopardus wiedii</i>), Tapir (<i>Tapirus bairdii</i>), Manati (<i>Trichechus manatus</i>)	
Especies Endémicas:	Matraca Yucateca (<i>Campylorhynchus yucatanicus</i>), Tok'Abam (<i>Chromolaena lundellii</i>), Chara Yucateca (<i>Cyanocorax yucatanicus</i>), Colibrí Cola Hendida (<i>Doricha eliza</i>), Bolsero Yucateco (<i>Icterus auratus</i>), Carpintero Yucateco (<i>Melanerpes pygmaeus</i>), Maullador Negro (<i>Melanoptila glabrirostris</i>), Guajolote Ocelado (<i>Meleagris ocellata</i>)	
Tasa de Transformación de las Cubiertas Forestales del ANP:	Periodo	2000-2005
	Tasa de Transformación (%)	0.032
	Hectáreas por Año	16
	Valoración de Tasa	Pérdida
	Año de Reporte	2008

III.3.3.2. Plan de manejo

El proyecto denominado “Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo”, se ubica dentro de la ANP Área de Protección de Flora y Fauna Yum-Balam, cuyo programa de manejo no ha sido publicado en el DOF. Sin embargo, actualmente se cuenta con un Resumen del Programa de Manejo publicado el 9 de noviembre en la página de la CONANP, el cual está siendo sometido, actualizado y consensado con la población. Por lo que, el presente proyecto está basado en las disposiciones jurídicas aplicables publicadas en el DOF, o Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo.

III.3.4. Zonas de Conservación

III.3.4.1. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convenio RAMSAR)

El 2 de febrero del 2004, el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, se agregó como sitio RAMSAR ocupando el Número Internacional 1360 (**Figura III_5**). La Convención Ramsar es un tratado intergubernamental que se firmó en la ciudad de Ramsar, Irán, en 1971, y tiene como énfasis sobre la conservación y el uso racional de los humedales sobre todo como hábitat para aves acuáticas. Sin embargo, con los años, la Convención ha ampliado su alcance a fin de abarcar todos los aspectos de la conservación y el uso racional de los humedales, reconociendo que los humedales son ecosistemas extremadamente importantes para la conservación de la diversidad biológica en general y el bienestar de las comunidades humanas.

El APFFYB colinda en su parte oeste con la Reserva de la Biosfera de Ría Lagartos (Sitio Ramsar desde 1988), por lo que da continuidad al sistema de humedales del norte de la Península de Yucatán. Esta zona presenta características geológicas, biológicas, hidrológicas y geomorfológicas poco comunes en México y conserva las selvas tropicales más norteñas existentes en un área natural protegida (ANP) en nuestro país. El APFFYB tiene un área de 154,052 ha e incluye la Isla de Holbox, un área de mar, la Laguna Conil, así como un gran sistema de humedales y un mosaico de selvas bajas y medianas. El área protege alrededor del 90 % de las aves endémicas de la Península, quedando incluidas algunas como el pavo ocelado (*Agriocharis ocelata*), la codorniz yucateca (*Colinus nigrogularis*), el loro yucateco (*Amazona xantolora*), el carpintero de vientre rojo (*Melanerpes pygmaeus*) y la calandria naranja (*Icterus auratus*), entre otras. El APFFYB, junto con el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, son las únicas áreas protegidas en el sureste del país que cuentan con delfines en sus sistemas lagunares. En la zona se captura aproximadamente el 31% de la producción estatal de pescado.

Las características del proyecto, sus dimensiones y su localización en la zona de playa y ZOFEMAT de la Isla Chica, Holbox, consideran que el proyecto no generará impactos significativos que pudieran llegar a afectar al sistema de humedales de este sitio RAMSAR. Sin embargo, se establecerán las medidas de mitigación necesaria para salvaguardar la integridad de los ecosistemas y las especies que se registren en la zona de influencia directa del proyecto.

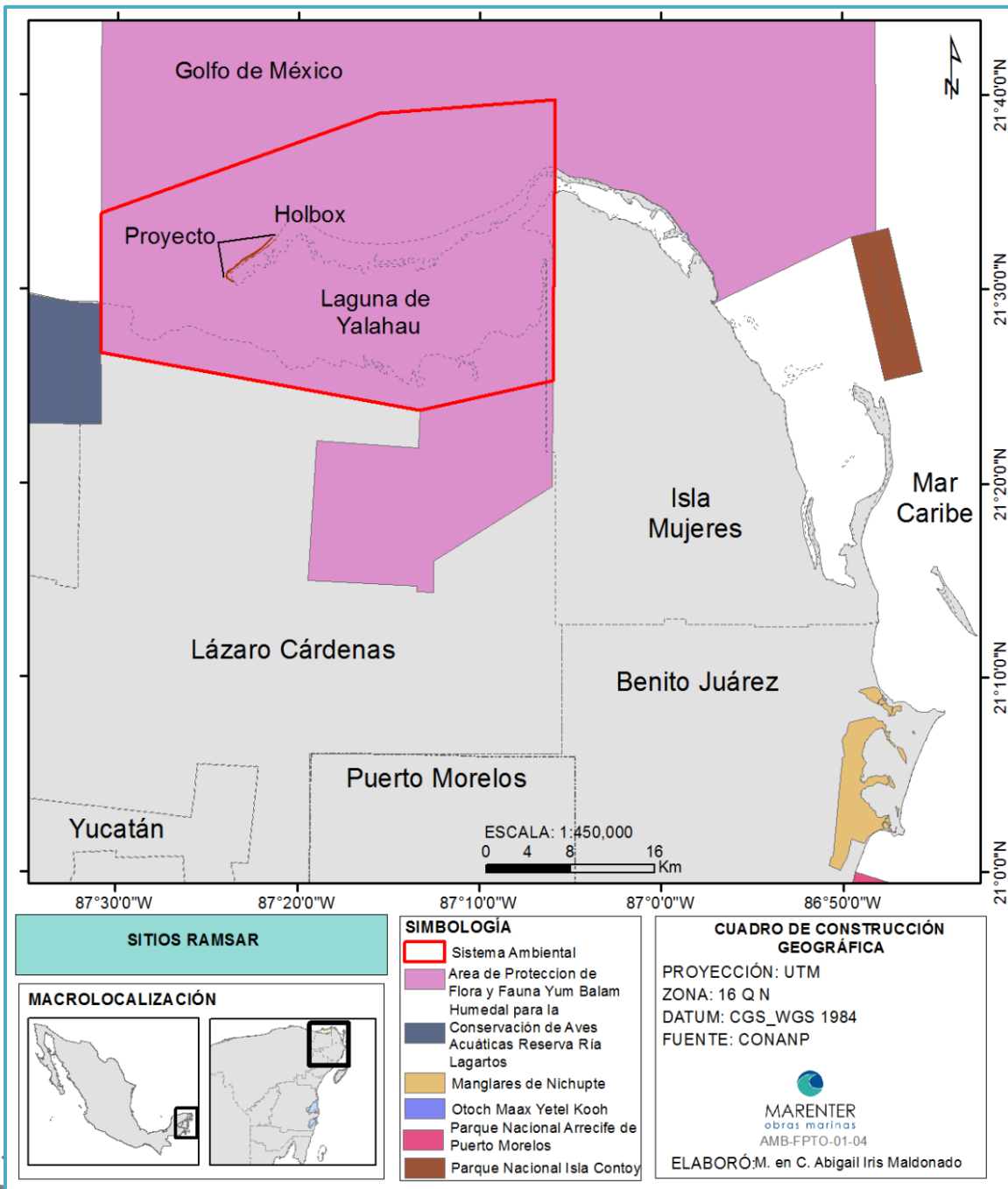


Figura III_ 5. Ubicación del proyecto en el sitio RAMSAR.

III.3.4.2. *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)*

El programa de las AICAS surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y Bird Life 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.

Por su ubicación, el sitio del proyecto se localiza dentro del ámbito de aplicación del AICA número 187 con clave SE-42 (Tabla III_ 10, Figura III_ 6). La región abarca la Laguna de Yalahau, los humedales y las selvas bajas y medianas de la porción norte del estado de Quintana Roo. Es la reserva de acuíferos más importante del Noreste de la península. Así mismo, en esta AICA ocurren entre y cuatro y seis especies en peligro, entre 19 y 27 amenazadas, entre 26 y 42 raras y entre 5 y 8 con protección especial. Endemismos de entre 10 y 14 especies.

En virtud de que en la zona donde se va a desarrollar el proyecto, pueden estar presentes aves como gaviotas, pelícanos, charranes, águilas, etc., a pesar de que las características del proyecto y sus dimensiones, como se demuestra a través del presente documento, se considera que éste no generará impactos significativos que pudieren llegar a afectar esta Área de Importancia para la Conservación de las Aves, se implementarán medidas de prevención para evitar cualquier impactos sobre dicha fauna.

Tabla III_ 6. Ficha técnica del AICA.

AICA SE-42 – Yum-Balam	
Ubicación:	<ul style="list-style-type: none"> • ESTADO: QROO • EBAS: A09 • RPCM: Dzilám-Ría Lagartos-Yum Balam • KEY AREA: ND
Superficie:	52,663.47 ha
Tenencia de la tierra	Ejidal privada
Uso de la tierra y cobertura	<ul style="list-style-type: none"> • Ganadería • Forestal • Pesca • Otroapicultura y cacería de subsistencia. • Agricultura
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> • Otra, quemas incontroladas, cacaería furtiva en selvas. • Explotación inadecuada de recursos, pesca incontrolada. • Turismo • Desarrollo urbano • Ganadería • Deforestación
Descripción:	La región abarca la Laguna de Yalahau, los humedales y las selvas bajas y medianas de la porción norte del estado de Quintana Roo. Es la reserva de acuíferos más importante del Noreste de la península.
Justificación:	Ocurren entre y cuatro y seis especies en peligro, entre 19 y 27 amenazadas, entre 26 y 42 raras y entre 5 y 8 con protección especial. Endemismos de entre 10 y 14 especies.
Vegetación:	Selvas medianas subperennifolias, tintales, sabanas, y áreas de humedales con vegetación hidrófita. Bosque tropical subcaducifolio, pastizal, vegetación acuática y subacuática.
Categorías a las que aplica	<ul style="list-style-type: none"> • G-1 <i>Sterna antillarum</i>, <i>Charadrius melodus</i>.

AICA SE-42 – Yum-Balam	
	<ul style="list-style-type: none"> • MEX-1 <i>Jabiru mycteria</i>, <i>Mycteria americana</i>, <i>Limnothlypis swainsonii</i>, <i>Circus cyaneus</i>, <i>Sarcoramphus papa</i>, <i>Egretta rufescens</i>, <i>Charadrius melodus</i>, <i>Ardeaherodias occidentalis</i>. • NA-1 <i>Sterna antillarum</i>, <i>Charadrius melodus</i>.
Categorías:	<ul style="list-style-type: none"> • Propuesta MEX-1 • Final G-1

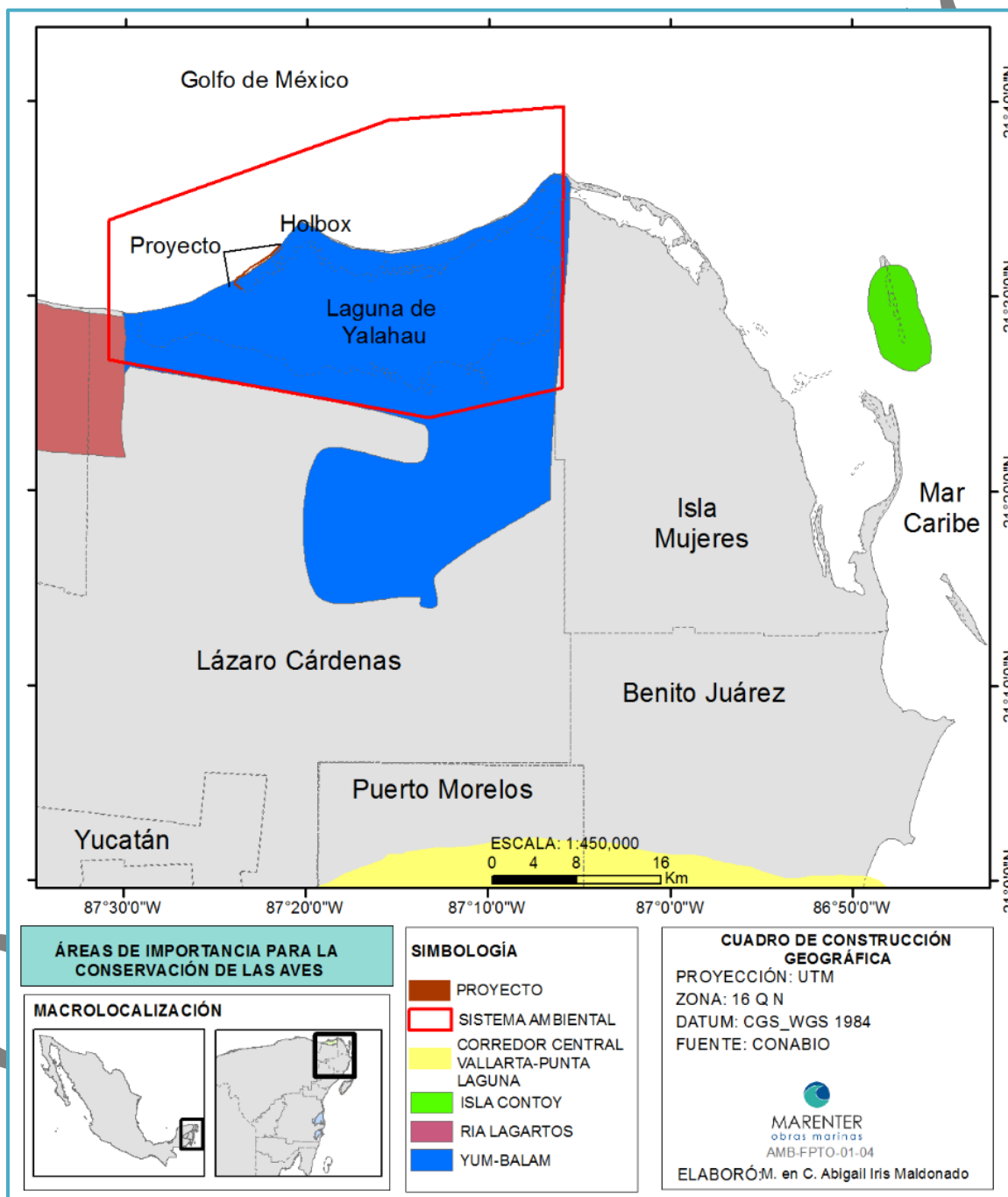


Figura III_ 6. Ubicación del proyecto en el AICA.

III.3.5. Normas Oficiales Mexicanas - NOM

III.3.5.1. NOM-022-SEMARNAT-2003

Esta Norma establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.

Dado que el sitio aledaño a donde se pretende implementar una parte del proyecto se encuentra este tipo de ecosistema, se deberá demostrar la no afectación de la vegetación de manglar, a fin de que este se desarrolle sin problema alguno. Por lo tanto se deben de cumplir con todas las disposiciones de la presente Norma (**Tabla III_ 7**).

Tabla III_ 7. Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2010 y su vinculación con el proyecto

	Especificación	Vinculación con el proyecto
4.1	Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedara 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.	El proyecto considera la relocalización de arena en aquellas zonas donde la erosión ha afectado la dinámica del humedal, con ello se pretende evitar la pérdida de más ejemplares de mangle, principalmente en el Noreste de la Isla, cumpliendo así con la presente especificación.
4.2	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	
4.3	Los promoventes de un proyecto que requieran de la existencia de canales, deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados a fin de evitar la fragmentación del ecosistema, intrusión salina, asolvamiento y modificación del balance hidrológico.	El proyecto no contempla la construcción de canales, por lo que no aplica esta especificación.
4.4	El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de esta.	Con la implementación de las obras del proyecto se pretende revertir la erosión que ha afectado la dinámica del humedal y con ello evitar la pérdida de más ejemplares de mangle, principalmente en el Noreste de la Isla, cumpliendo así con la presente especificación.
4.5	Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero.	Las obras del proyecto no bloquean el flujo natural del agua hacia el humedal costero, por lo que no aplica esta especificación.
4.6	Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y asolvamiento	Las acciones para prevenir la contaminación en el sitio del proyecto están orientadas a mantener un sitio libre de residuos sólidos a través del uso de

	Especificación	Vinculación con el proyecto
		contenedores para su almacenamiento, no se generarán residuos líquidos a excepción del uso de la letrina portátil, cuyos desechos serán recolectados por la empresa contratante y esta será mientras dura la construcción de la obra, cumpliendo así con la presente especificación.
4.7	La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo.	El proyecto solo contempla el uso de agua para el riego de las plantas con que se revegetara las duna mientras estas se fijan, por lo que será restituida mediante la filtración natural al subsuelo, cumpliendo así con la presente especificación.
4.8	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.	El proyecto no contempla verter agua con los contaminantes mencionados ni de ningún tipo, por lo que la presente especificación no aplica.
4.9	El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizar.	El proyecto no contempla verter agua con los contaminantes mencionados ni de ningún tipo, por lo que la presente especificación no aplica.
4.10	La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe de garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la intrusión de la cuña salina en el acuífero	El proyecto no contempla extraer agua subterránea, por lo que la presente especificación no aplica.
4.11	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.	El proyecto no considera la utilización de ejemplares o poblaciones de ningún tipo que pueda causar daños a los humedales costeros, por lo que la presente especificación no aplica.
4.12	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	El proyecto no interferirá en el balance hídrico de los humedales de la zona, por lo que la presente especificación no aplica.

	Especificación	Vinculación con el proyecto
	costeros y las comunidades vegetales que soportan.	
4.13	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 sea trazada 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 no tiene contemplado construir una vía de comunicación ya que se aprovecharán las ya existentes, por lo que la presente especificación no aplica.
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 no tiene contemplado construir una vía de comunicación ya que se aprovecharán las ya existentes, por lo que la presente especificación no aplica.
4.15	Cualquier servicio que utilice pastes, 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.	En el proyecto no se utilizarán ninguno de los servicios mencionados en la presente especificación, por lo que no será afectada la comunidad de manglar cercana al sitio.
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, deberá dejar una distancia mínimo de 100m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirán actividades productivas o de apoyo.	El proyecto no consiste en ninguna de las actividades productivas mencionadas, por lo que no aplica esta especificación.
4.17	La obtención del material para construcción, se deberá realizar de los bancos de préstamo señalados por la autoridad competente, los cuales estarán ubicados fuera del área que ocupan los manglares y en sitios que no tengan influencia sobre la dinámica ecológica de los ecosistemas que los contienen.	El material para la construcción de los espigones y rompeolas será obtenido de bancos autorizados. La arena se obtendrá de zona de disposición frente a la isla y es una de las actividades para la cual se solicita la autorización correspondiente, una vez evaluado el presente estudio, cumpliendo así con la presente especificación.
4.18	Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o	Dichas actividades serán prohibidas durante el desarrollo de las distintas etapas del proyecto, cumpliendo así con la presente especificación.

	Especificación	Vinculación con el proyecto
	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.	
4.19	Queda prohibida la ubicación de zonas de tiro o disposición del material de dragado dentro del manglar, y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimiento y mareas.	Dichas actividades serán prohibidas durante el desarrollo de las distintas etapas del proyecto, cumpliendo así con la presente especificación.
4.20	Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros.	A fin de cumplir con esta regulación el proyecto tiene establecido la instalación de contenedores en el sitio de las obras, los cuales serán retirados del área y llevados al lugar donde la autoridad municipal indique. Estos contenedores estarán rotulados (orgánicos e inorgánicos) y tendrán tapa a fin de evitar su dispersión por el viento. El retiro y limpieza de estos contenedores será periódica con el fin de evitar la generación de fauna nociva y malos olores, cumpliendo así con la presente especificación.
4.21	Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semi intensivas en zonas de manglar y lagunas costeras, y queda limitado a zonas de marismas y a terrenos más elevados sin vegetación primaria en los que la superficie del proyecto no exceda el equivalente de 10% de la superficie de la laguna costera receptora de sus efluentes en lo que se determina la capacidad de carga de la unidad hidrológica. Esta medida responde a la afectación que tienen las aguas residuales de las granjas camaronícolas en la calidad del agua, así como su tiempo de residencia en el humedal costero y el ecosistema.	El proyecto no contempla la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semi-intensivas, por lo que la presente especificación no aplica.
4.22	No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, a excepción de canales de toma y descarga, los cuales deberán contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de utilización de terrenos forestales.	
4.23	En los casos de autorización de canalización, el área de manglar a deforestar deberá ser exclusivamente la aprobada tanto en la resolución de impacto ambiental y la autorización de cambio de utilización de terrenos forestales. No se permite la desviación o rectificación de canales naturales o de cualquier porción de una unidad hidrológica que contenga o no vegetación de manglar.	El proyecto no contempla la instalación de infraestructura acuícola, por lo que la presente especificación no aplica.

	Especificación	Vinculación con el proyecto
4.24	Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que utilicen tecnología de toma descarga de agua, diferente a la canalización.	
4.25	La actividad acuícola deberá contemplar preferentemente post-larvas de especies nativas producidas en laboratorio.	
4.26	Los canales de llamada que extraigan agua de la unidad hidrológica donde se ubique la zona de manglares deberá evitar, la remoción de larvas y juveniles de peces y moluscos	
4.27	Las obras o actividades extractivas relacionadas con la producción de sal, solo podrán ubicarse en salitrales naturales; los bordos no deberán exceder el límite natural del salitral, ni obstruir el flujo natural de agua en el ecosistema.	
4.28	La infraestructura turística ubicada dentro de un humedal costero debe ser de bajo impacto, con materiales locales, de preferencia en palafitos que no alteren el flujo superficial del agua, cuya conexión sea a través de veredas flotantes, en áreas lejanas de sitios de anidación y percha de aves acuáticas, y requiere de zonificación, monitoreo y el informe preventivo.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo que la presente especificación no aplica.
4.29	Las actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar deben llevarse a cabo de tal forma que se evite cualquier daño al entorno ecológico, así como a las especies de fauna silvestre que en ellos se encuentran. Para ella, se establecerán zonas de embarque y desembarque, áreas específicas de restricción y áreas donde se reporte la presencia de especies en riesgo.	
4.30	En áreas restringidas los motores fuera de borda deberán ser operados con precaución, navegando a velocidades bajas (no mayor de 8 nudos), y evitando zonas donde haya especies en riesgo como el manatí.	
4.31	El turismo educativo, ecoturismo y observación de aves en el humedal costero deberán llevarse a cabo a través de veredas flotantes, evitando la compactación del sustrato y el potencial de riesgo de disturbio a zonas de anidación de aves, tortugas y otras especies.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo que la presente especificación no aplica.
4.32	Deberá de evitarse la fragmentación del humedal costero mediante la reducción del número de caminos de acceso a la playa en centros turísticos y otros. Un humedal costero menor a 5 km de longitud del eje mayor, deberá tener un solo acceso a la playa y este deberá ser ubicado en su periferia. Los accesos que crucen humedales costeros mayores a 5 km de longitud con respecto	El proyecto no fragmentará el humedal, toda vez que el objetivo del presente evitar la fragmentación del hábitat debido a la erosión de la playa, por lo que la presente especificación no aplica.

	Especificación	Vinculación con el proyecto
	al eje mayor, deben estar ubicados como mínimo a una distancia de 30 km uno de otro.	
4.33	La construcción de canales deberá garantizar que no se fragmentara el ecosistema y que los canales permitirán su continuidad, se dará preferencia a las obras o el desarrollo de infraestructura que tienda a reducir el número de canales en los manglares.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo que la presente especificación no aplica.
4.34	Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultado del paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos.	
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	Con la implementación de las obras del proyecto se pretende revertir la erosión que ha afectado la dinámica del humedal y con ello evitar la pérdida de más ejemplares de mangle, principalmente en el Noreste de la Isla, cumpliendo así con la presente especificación.
4.36	Se deberán 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, de acuerdo como se determinen en el Informe Preventivo.	
4.37	Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidad vegetales y animales mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales (ríos de superficie y subterráneos, arroyos permanentes y temporales, escurrimientos terrestres laminares, aportes del manto freático), la eliminación de vertimientos de aguas residuales y sin tratamiento protegiendo las áreas que presenten potencial para ella.	El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, por lo que la presente especificación no aplica.
4.38	Los programas y proyectos de restauración de manglares deberán estar fundamentados científica y técnicamente y aprobados en la resolución de impacto ambiental, previa consulta a un grupo colegiado. Dicho proyecto deberá contar con un protocolo que sirva de línea de base para determinar las acciones a realizar.	El proyecto no contempla la restauración de manglares solo medidas en compensación de estos, por lo que esta especificación no aplica.
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.	

	Especificación	Vinculación con el proyecto
4.40	Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros.	El proyecto no contempla la restauración de manglares solo medidas en compensación de estos, por lo que esta especificación no aplica.
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.	
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 estudio integral de la unidad hidrológica sobre la que se pretende ubicar el proyecto, se describe en el capítulo IV relativo a la descripción del sistema ambiental, cumpliendo así con la presente especificación.

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.

Artículo Único.- Se 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, para quedar como sigue: "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."

Tabla III_ 8. Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2010 y su vinculación con el proyecto

	Especificación	Vinculación con el proyecto
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>Con la implementación de las obras del proyecto se pretende revertir la erosión costera que ha afectado la dinámica del humedal y con ello evitar la pérdida de más ejemplares de mangle, principalmente en el Noreste de la Isla. Con las medidas de prevención, siempre considerando que en las obras y actividades del proyecto no se pretende afectar la vegetación de manglar en ninguna superficie,.</p> <p>En el proyecto, se ubicarán en la playa de Isla Chica, Holbox, que en su zona Noroeste presenta vegetación de manglar, por lo que parte de las obras en esa zona son una medida de compensación en beneficio</p>

	<p>de los ejemplares de mangla. Aunado a ello se establecerán medidas de prevención, siempre considerando que en las obras y actividades del proyecto no se pretende afectar la vegetación de manglar en ninguna superficie entre las que destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Señalética adecuada para su cuidado. • La ubicación de instalaciones provisionales (bodega de almacenamiento de equipo) que requiera el proyecto serán instalados en un área que no perturbe el libre tránsito por la ZOFEMAT. • Se colocarán letreros con señales de advertencia y prohibición durante y al finalizar la obra. • Se prohíbe el uso de fogatas, armas de fuego y explosivos dentro del área del proyecto y zona colindante. • Los trabajadores utilizarán los sanitarios portátiles. • Todos los desechos sólidos y líquidos que se generen serán canalizados al sistema de manejo de residuos municipal que opera en Isla Holbox. <p>Cumpliendo así con la presente especificación.</p>
--	--

III.3.5.2. *NOM-059-SEMARNAT-2001*

Esta Norma Oficial Mexicana establece la 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., fue publicada en el DOF el 06 de marzo del 2002. Tiene por objeto 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.

La presente norma es de observancia obligatoria 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 en el territorio nacional.

De acuerdo a los estudios realizados, debido a la erosión existe en la Zona Noreste se observan restos y ejemplares dañados de mangle botoncillo, con la implementación de las obras se pretende revertir la erosión tratando de evitar la pérdida organismos de dichas especies.

Además, si bien al momento de la caracterización ambiental no se registraron organismos vivos de especies de fauna listadas en la presente norma, en el área de influencia directa del proyecto se tiene registro que la zona es hábitats de la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), la tortuga blanca (*Chelonia mydas*), la tortuga caguama (*Caretta caretta*), ocasionalmente la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), la cacerolita de mar (*Limulus polyphemus*), el águila pescadora (*Pandion haliaetus*), y el charrán mínimo (*Sterna antillarum*).

Dado lo anterior durante la implementación de las obras del proyecto se establecerán medidas de mitigación que prevengan impactos sobre las especies listadas en la presente norma, cumpliendo así con lo establecido en ésta.

III.3.5.3. NOM-162-SEMARNAT-2012

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación, fue publicada en el DOF el 01 de febrero del 2013. Tiene por objeto establecer las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación.

En el área de influencia directa del proyecto se tiene registro de la presencia de cinco especies de tortugas marinas, la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), la tortuga blanca (*Chelonia mydas*), la tortuga caguama (*Caretta caretta*), la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), ocasionalmente la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*).

El proyecto consiste en la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, existiendo la posibilidad que durante la etapa de construcción se registre la presencia de dichas especies de tortugas; como medida de mitigación se establecerá un programa y en su momento se dará aviso a las autoridades municipales encargadas del Programa de Tortugas en el Municipio de Lázaro Cárdenas, acatando la reglamentación que se tenga al respecto, cumpliendo así con lo establecido en ésta norma.

III.3.6. Regiones Prioritarias

III.3.6.1. Región Marina Prioritaria (RMP-62) Dzilam-Contoy

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) instrumentó el Programa de Regiones Marinas Prioritarias de México con el apoyo de la agencia The David and Lucile Packard Foundation (PACKARD), la Agencia Internacional para el Desarrollo de la Embajada de los Estados Unidos de América (USAID), el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés).

La zona donde se ubica el proyecto también pertenece a la Región Marina Prioritaria 62, Dzilam-Contoy (**Figura III_ 7**) cuyas características principales se muestran en la **Tabla III_ 9**. Tiene una extensión de 31,143 km², su problemática se centra en modificación al entorno, contaminación y uso de recursos (Arriaga et al, 1998).

Por las características del proyecto, sus dimensiones y ubicación en el área de playa y de ZOFEMAT de Isla Chica, Holbox con frente al Golfo de México, como se demuestra a través del presente documento, se considera que el proyecto no generará impactos significativos que pudieren llegar a afectar esta Región Marina Prioritaria. Además, se implementarán todas las medidas que sean necesarias para prevenir y mitigar los impactos que el proyecto pueda causar al medio ambiente.

Tabla III_ 9. Ficha técnica de la Región Marina Prioritaria.

Región Marina Prioritaria 62, Dzilam-Contoy.	
Estado:	Yucatán-Quintana Roo
Extensión:	31,143 km ²
Polígono:	Latitud. 22°50'24" a 21°5'24" Longitud. 88°52'48" a 86°31'12"
Clima:	Cálido semiárido a subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 22-26°C. Ocurren huracanes, tormentas tropicales, nortes.
Geología:	Placa de Norteamérica, rocas sedimentarias.
Descripción:	Playas, dunas, marismas, petenes, arrecifes.
Oceanografía:	Afloramientos; corriente de Yucatán. Hay aporte de agua dulce por ríos subterráneos y lagunas.
Biodiversidad:	Zona de transición entre la biota del Golfo de México y la del Mar Caribe; plancton, moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, tortugas, peces, aves, mamíferos marinos, manglares. Hay endemismos de plantas (<i>Mammillaria spp</i> , <i>Coccothrinax readii</i> , <i>Echites yucatanensis</i> , <i>Hylacereus undatus</i> , <i>Krugiodendrum jeneum</i> , <i>Nopalía gaumerii</i>) y moluscos (<i>Octopus maya</i>). Es zona migratoria, de reproducción, anidación, crecimiento y refugio de aves, crustáceos (langosta y camarón) y peces.
Aspectos económicos:	Pesca muy activa, organizada en cooperativas, industrial, cultivos y libres; se explotan moluscos (pulpo), peces (escribano, escama), camarón y langosta. Zonas turísticas pequeñas pero de relevancia (turismo de alto impacto y ecoturismo).
Problemática:	<i>Modificación del entorno:</i> Fractura de arrecifes, remoción de pastos marinos y dragado.
	<i>Contaminación:</i> En los muelles y puertos, por petróleo, embarcaciones pesqueras, turísticas y de carga.
	<i>Uso de recursos:</i> Presión sobre las langostas y el caracol rosado. Hay pesca ilegal, arrastres, trampas no selectivas y colecta de especies exóticas.
Conservación:	Probablemente exista un CAB (Centro de Actividad Biológica) en esta zona. Es de importancia ecológica por presentar ecosistemas de sostenimiento para muchos organismos. Incluye dos reservas: Ría Lagartos y Yum-Balam.
Grupos e instituciones:	IPN (Cinvestav), INP (CRIP-Yucalpetén, CRIP-Pto. Morelos), Ecosur, Grupo Comunitario de Holbox, Amigos de Sian Ka'an.

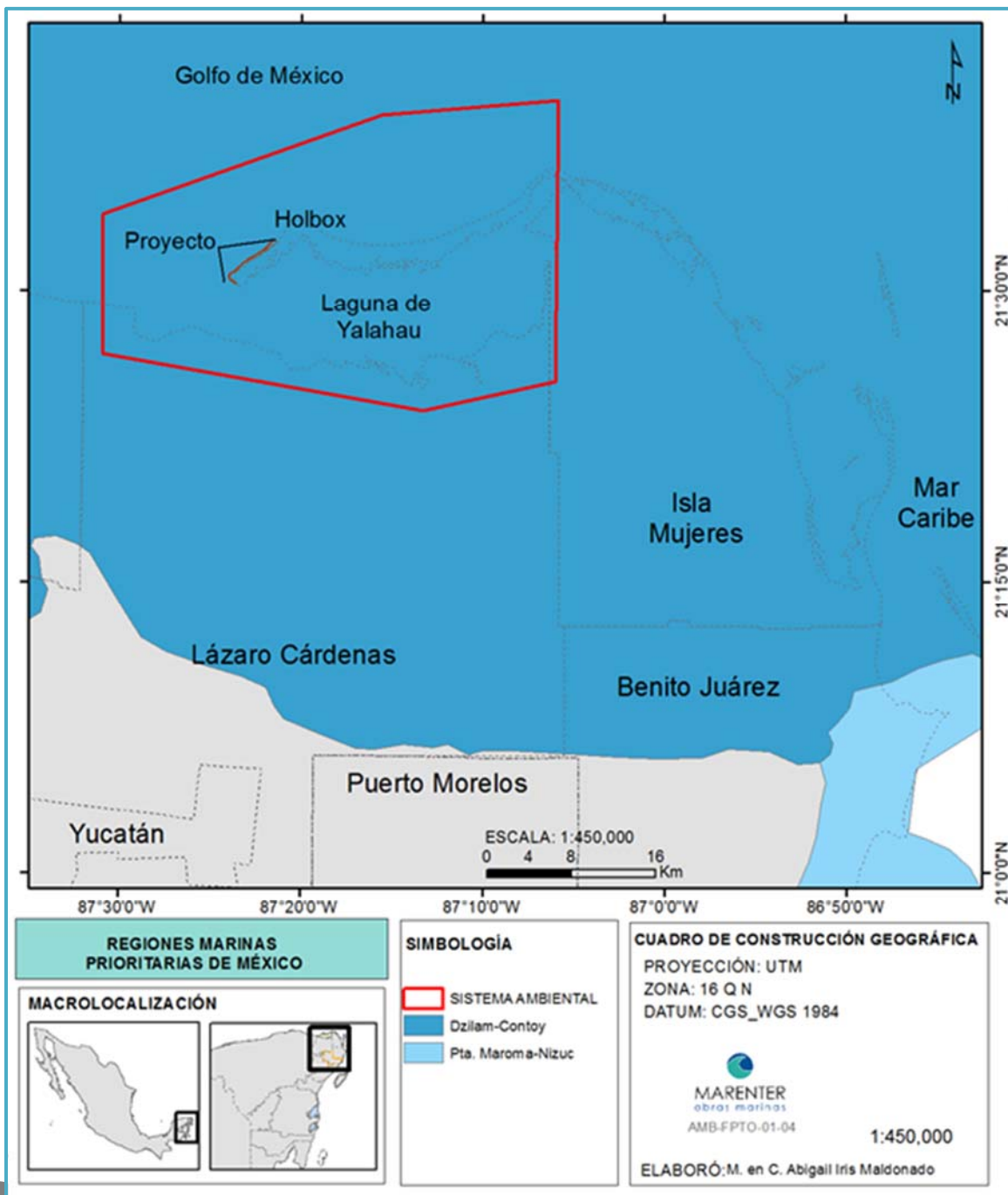


Figura III_ 7. Regiones Prioritarias Marinas.

III.3.6.2. Región Hidrológica Prioritaria

En mayo de 1998, la CONABIO inició el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales sub cuencas 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.

La zona terrestre donde se ubica el proyecto también se encuentra en la Región Prioritaria Hidrológica 103 denominada Contoy (**Figura III_ 8**) cuyas características principales se presentan en la **Tabla III_ 10**. Está clasificada como una región de alta biodiversidad y amenazada, tiene una extensión de 2,785.2 km², su problemática se centra en modificación al entorno y uso de recursos.

Por las características del proyecto, sus dimensiones y ubicación en el área de playa y de ZOFEMAT de Isla Chica, Holbox con frente al Golfo de México, como se demuestra a través del presente documento, se considera que el proyecto no generará impactos significativos que pudieren llegar a afectar esta Región Hidrológica Prioritaria, no obstante, se llevarán a cabo las medidas de mitigación y prevención necesarias por los impactos que el proyecto pueda causar al medio ambiente.

Tabla III_ 10. Ficha técnica de la Región Hidrológica Prioritaria.

Región Prioritaria Hidrológica 103, Contoy.	
Estado:	Quintana Roo
Extensión:	2,785.2 km ²
Polígono:	Latitud 21°48'00" - 20°53'24" N Longitud 87°21'00" - 86°47'24" W
Recursos hídricos principales	<i>Lénticos:</i> Laguna Yalaháú y Chacmochuk, lagunas costeras, ciénegas
	<i>Lóticos:</i> Aguas subterráneas
Limnología básica:	Es la reserva de acuíferos más importante del noreste de la península de Yucatán. El agua subterránea forma todo un sistema de estructuras tipificadas por los cenotes y las cavernas. Las sabanas inundables propician el escurrimiento y la captación de agua de lluvia.
Geología/Edafología:	Suelos tipo Regosol, Gleysol, Litosol, Luvisol, Rendzina y Zolonchak (rocas sedimentarias calcáreas), muy planos; la hidrografía se regula con la microtopografía.
Características varias:	<i>Ambientales:</i> Clima: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28° C. Precipitación total anual 800-1100 mm, con alta evaporación. Vientos Alisios del SE al NW.
	<i>Principales poblados:</i> Cabo Catoche, Isla Holbox, Contoy, Punta Arena, Kantunil
	<i>Actividad económica principal:</i> Ganadería, agricultura tradicional, turismo, pesca, cacería, apicultura, explotación forestal y de sal
	<i>Indicadores de calidad de agua:</i> ND
Biodiversidad:	<i>Tipos de vegetación:</i> Selva mediana subperennifolia, selva baja perennifolia, selva baja inundable, palmar inundable, manglar, vegetación de dunas costeras, pastizal cultivado, sabana, tintal y tular. Diversidad de hábitats: dunas costeras, humedales, petenes, playas, estuarios y pastos marinos. La

Región Prioritaria Hidrológica 103, Contoy.

	zona está considerada como una de las de mayor diversidad biológica y de endemismos.
<i>Flora característica:</i>	Tasiste <i>Acoelorrhaphe wrightii</i> , <i>Annona glabra</i> , <i>Bactris balanoidea</i> , <i>B. mexicana</i> , ramón <i>Brosimum alicastrum</i> , chacá <i>Bursera simaruba</i> , nanche <i>Byrsonima crassifolia</i> , cedro <i>Cedrela mexicana</i> , palma <i>Coccothrinax readii</i> , jícaro <i>Crescentia cujete</i> , <i>Dalbergia glabra</i> , <i>Erythroxylum campechianum</i> , palo de campeche <i>Haematoxylum campechianum</i> , chicozapote <i>Manilkara zapota</i> , cheché <i>Metopium brownei</i> , <i>Paurotis wrightii</i> , palma <i>Pseudophoenix sargentii</i> , <i>Roystonea regia</i> , tule <i>Typha latifolia</i> , axnique <i>Vitex gaumeri</i> . Flora de Contoy: <i>Acanthocereus tetragonus</i> , <i>Ageratum littorale</i> , <i>Ambrosia hispida</i> , <i>Avicennia germinans</i> , <i>Borrchia frutescens</i> , <i>Bumelia americana</i> , <i>Caesalpinia vesicaria</i> , <i>Canavalia rosea</i> , <i>Capparis incana</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Cenchrus sp.</i> , <i>Coccoloba uvifera</i> , <i>Cocos nucifera</i> tasiste, <i>Conocarpus erectus</i> , <i>Cordia sebestena</i> , <i>Eustachys petraea</i> , <i>Fimbristylis thermalis</i> , <i>Guaiacum sanctum</i> , <i>Hymenocallis sp.</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Opuntia stricta</i> , <i>Phyla nodiflora</i> , <i>Pisonia aculeata</i> , <i>Pithecellobium dulce</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Sesuvium portulacastrum</i> , <i>Spartina spartinae</i> , <i>Sporolobus virginicus</i> , <i>Suriana maritima</i> , <i>Thrinax radiata</i> , <i>Trixis inula</i> .
<i>Fauna característica:</i>	De crustáceos como el misidáceo <i>Antromysis (Antromysis) cenotensis</i> ; el palemónido <i>Creuseria morleyi</i> ; el anfípodo <i>Mayaweckelia cenotocola</i> ; los decápodos <i>Typhlatya mitchelli</i> y <i>T. pearsei</i> ; de peces <i>Anguilla rostrata</i> , <i>Astyanax aeneus</i> , <i>Cichlasoma synspilum</i> , <i>Poecilia latipinna</i> ; de aves el chipe galán <i>Dendroica discolor</i> , el mimido negro <i>Dumetella glabrirostris</i> , el mosquero <i>Elaenia martinica</i> , la fragata magnífica <i>Fregata magnificens</i> , la paloma suelera pechiclara <i>Leptotila jamaicensis</i> , el cormorán <i>Phalacrocorax olivaceus</i> , la paloma <i>Zenaida aurita</i> . Contoy es sitio de anidación de gran relevancia de aves marinas y palustres como <i>Columba leucocephala</i> , <i>Egretta rufescens</i> , <i>E. thula</i> , <i>E. tricolor</i> , el halcón peregrino <i>Falco peregrinus</i> , el pelicano gris <i>Pelecanus occidentalis</i> , <i>Phalacrocorax auritus</i> , <i>Sterna anaethetus</i> , <i>S. antillarum</i> y de refugio y reproducción del bobo patas café <i>Sula leucogaster</i> . Además, se puede encontrar en esta región a los reptiles como las tortugas caguama <i>Caretta caretta</i> , blanca <i>Chelonia mydas</i> , de carey <i>Eretmochelys imbricata</i> y el cocodrilo <i>Crocodylus acutus</i> . Endemismo de plantas como <i>Acacia gaumeri</i> , <i>Cephalocereus gaumeri</i> , <i>Enriquebeltrania crenatifolia</i> , <i>Eragrostis yucatanica</i> , <i>Mammillaria gaumeri</i> , <i>Nopalea gaumeri</i> ; de peces <i>Archocentrus octofasciatus</i> , <i>Fundulus grandissimus</i> , <i>F. persimilis</i> , <i>Menidia colei</i> , <i>Ogilbia pearsei</i> , <i>Ophisternon infernale</i> , <i>Poecilia velifera</i> ; de aves como la matraca yucateca <i>Campylorhynchus yucatanicus</i> , la chara yucateca <i>Cyanocorax yucatanicus</i> , el colibrí tijereta <i>Doricha eliza</i> , el bolsero yucateco <i>Icterus auratus</i> , el copetón yucateco <i>Myiarchus yucatanensis</i> y el vireo yucateco <i>Vireo magister</i> .
<i>Especies amenazadas:</i>	De aves el pavo ocelado <i>Agriocharis ocellata</i> , la espátula rosada <i>Ajaia ajaja</i> , la cerceta aliazul <i>Anas discors</i> , la garza gigante <i>Ardea herodias occidentalis</i> , <i>Buteo jamaicensis</i> , <i>Buteogallus anthracinus</i> , <i>Charadrius melodus</i> , <i>Circus cyaneus</i> , el hocofaisán <i>Crax rubra</i> , las garzas <i>Egretta rufescens</i> y <i>E. thula</i> , el halcón peregrino <i>Falco peregrinus</i> , <i>Helmitheros swainsonii</i> , el jabirú <i>Jabiru mycteria</i> , <i>Mycteria americana</i> , el flamenco <i>Phoenicopterus ruber</i> , el zopilote rey <i>Sarcoramphus papa</i> , <i>Sterna antillarum</i> , el chipe encapuchado <i>Wilsonia citrina</i> ; de reptiles los cocodrilos <i>Crocodylus acutus</i> y <i>C. moreleti</i> , las tortugas caguama <i>Caretta caretta</i> , blanca <i>Chelonia mydas</i> , laúd <i>Dermochelys coriacea</i> y carey <i>Eretmochelys imbricata</i> ; de mamíferos:

Región Prioritaria Hidrológica 103, Contoy.		
		el mono aullador <i>Alouatta pigra</i> , el mono araña <i>Ateles geoffroyi</i> , el cacomixtle <i>Bassariscus sumichrasti</i> , el tlacuachillo dorado <i>Caluromys derbianus</i> , el ocelote <i>Leopardus pardalis</i> , el jaguar <i>Panthera onca</i> , el puma <i>Puma concolor</i> , el oso hormiguero <i>Tamandua mexicana</i> , el temazate <i>Mazama americana</i> , el tapir <i>Tapirus bairdii</i> , el manatí <i>Trichechus manatus</i> . Zona de anidación y refugio para aves, de alimentación y reproducción para peces, tortugas y manatíes. Se estima que en el área se encuentra más del 80% de los vertebrados tetrápodos conocidos en la entidad.
Aspectos económicos:	Pesquería de peces como boquinetes, pargos, mojarra, jurel, corvinas, roncador blanco, lizeta, lisa, raya, picuda, bagre, macabí y crustáceos como langosta y camarón; existen recursos de sal. Potencial turístico creciente y actividad pecuaria. Explotación forestal incontrolada.	
Problemática:	<i>Modificación del entorno:</i>	Asentamientos irregulares, sobrepastoreo por ganado. Zona fuertemente perturbada por ciclones, quemas no controladas, explotación forestal y pesca sin manejo adecuado. Amenazada fuertemente por crecimiento urbano y construcción de caminos. Introducción de fauna exótica a la isla de Contoy.
	<i>Contaminación:</i>	ND
	<i>Uso de recursos:</i>	Uso de trampas no selectivas y tráfico ilegal de especies. Actividad forestal, turística, pesquera y pecuaria. Cacería furtiva. Saqueo de nidos de tortuga. La región constituye una importante fuente de abastecimiento de agua y recursos forestales
Conservación:	Se recomienda conservar los mantos freáticos. Faltan conocimientos de plantas acuáticas e insectos y de la microtopografía de las cuencas. Comprende a la Reserva Especial de la Biosfera Isla Contoy, el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam y la reserva privada El Edén.	
Grupos e instituciones:	El Colegio de la Frontera Sur; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geografía, UNAM; Universidad Autónoma de Yucatán; Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán; Instituto Nacional de Ecología, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, SEMARNAP; Universidad de California - Riverside; Yum Balam, A. C.; Amigos de Sian Ka'an, A. C.; Biosilva, A.C.; Gema, A.C.; Pronatura Península de Yucatán, A.C.; Universidad de Miami, Profauna, A.C.; The Nature Conservancy.	

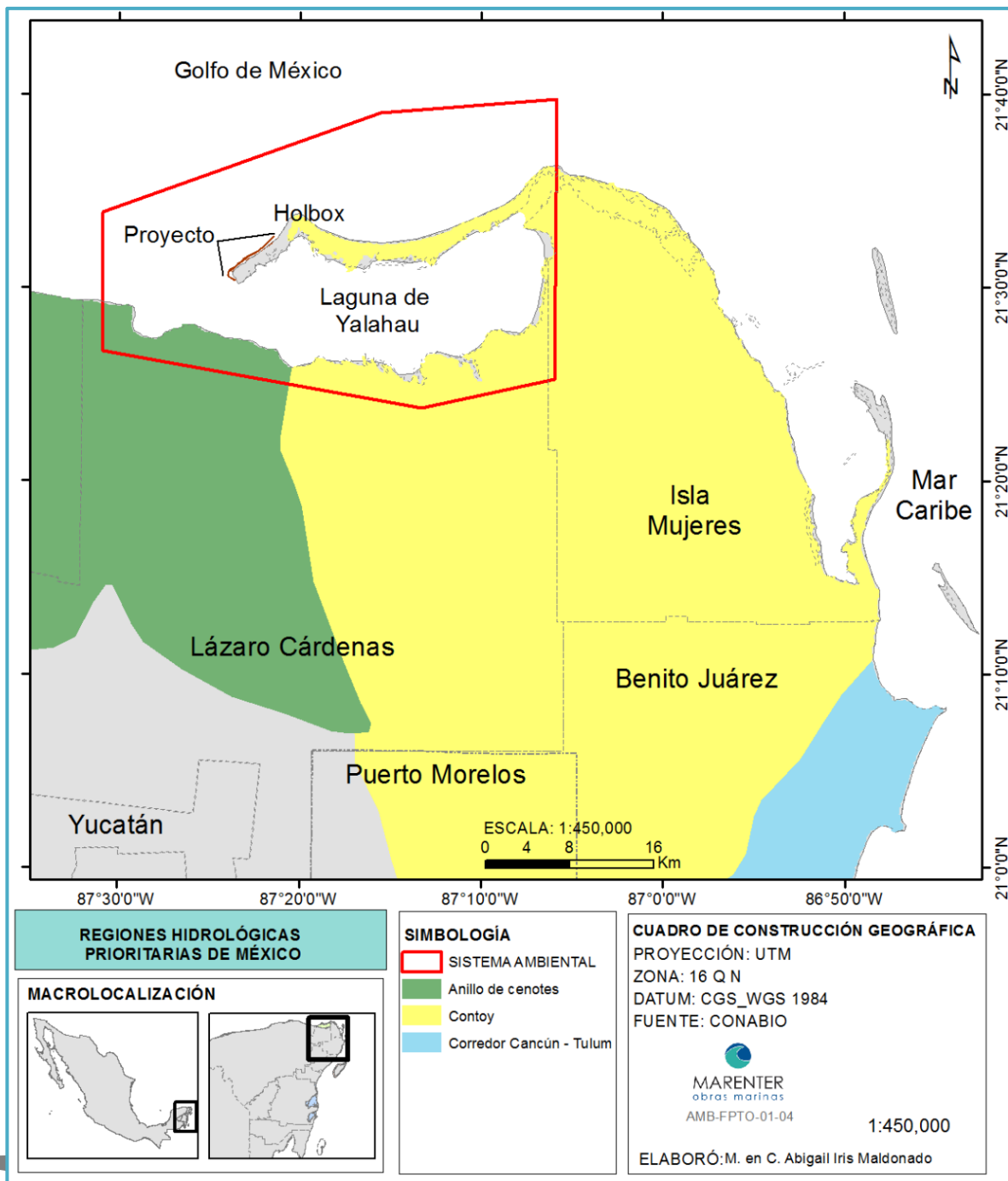


Figura III_ 8. Región Hidrológica Prioritaria.

III.3.6.3. Región Terrestre Prioritaria

El proyecto de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) se circunscribe en el Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), que 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.

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.

La zona terrestre donde se ubica el proyecto también se encuentra en la Región Terrestre Prioritaria 146 Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam (**Figura III_ 8**) cuyas características principales se presentan en la **Tabla III_ 10**. Está clasificada como una región de alta biodiversidad y amenazada con una extensión de 3,204 km².

Por las características del proyecto, sus dimensiones y ubicación en el área de playa y de ZOFEMAT de Isla Chica, Holbox con frente al Golfo de México, como se demuestra a través del presente documento, se considera que el proyecto no generará impactos significativos que pudieren llegar a afectar esta Región Terrestre Prioritaria, al contrario, coadyuva en evitar la disminución de las poblaciones de mangle. Aunado a lo anterior se implementarán todas las medidas que sean necesarias para prevenir y mitigar los impactos que el proyecto pueda causar al medio ambiente.

Tabla III_ 11. Ficha técnica de la Región Terrestre Prioritaria.

Región Terrestre Prioritaria 146, Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam.	
A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
Coordenadas extremas:	Latitud N: 21° 10' 48" a 21° 37' 48" Longitud W: 86° 47' 24" a 89° 56' 24"
Entidades:	Quintana Roo, Yucatán.
Municipios:	Baca, Benito Juárez, Chicxulub Pueblo, Dzemul, Dzidzantún, Dzilam de Bravo, Dzilam González, Hunucmá, Isla Mujeres, Ixil, Lázaro Cárdenas, Mérida, Progreso, Río Lagartos, San Felipe, Sinanché, Telchac Pueblo, Telchac Puerto, Tizimín, Ucu, Yobain.
Localidades de referencia:	Cancún, QRoo; Progreso, Yuc.; Dzilam de los Bravo, Yuc.; Ría Lagartos, Yuc.
B. SUPERFICIE	
Superficie:	3,204 km ²
Valor para la conservación:	3 (mayor a 1,000 km ²)
C. CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Esta RTP comprende los humedales del norte de Yucatán; posee un alto valor tanto biogeográfico como ecosistémico y constituye un área homogénea desde el punto de vista topográfico. El principal tipo de	

Región Terrestre Prioritaria 146, Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam.

vegetación representado en esta región es el manglar. Dentro de esta RTP se incluyen dos ANP: Isla Holbox y Ría Lagartos.

D. ASPECTOS CLIMÁTICOS (Y PORCENTAJE DE SUPERFICIE)

Tipo(s) de clima:	<i>Awo(x')</i>	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.	59%
	<i>BSo(h')(x')</i>	Árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.	14%
	<i>AwI(x')</i>	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.	13%
	<i>BSI(h')w</i>	Semiárido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.	13%
	<i>Awo</i>	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.	1%

E. ASPECTOS FISIOGRAFICOS

Geoformas:	Marismas, ría, llanura costeras.		
Unidades de suelo y porcentaje de superficie:	<i>Leptosol lítico (LPq)</i>	(Clasificación FAO-Unesco, 1989) Suelo somero, limitado en profundidad por una roca dura continua o por una capa continua cementada dentro de una profundidad de 10 cm a partir de la superficie.	100%

F. ASPECTOS BIÓTICOS

Aspecto:	Descripción:		Valor para la conservación:	
Diversidad ecosistémica:	Principalmente manglares, vegetación acuática y otras vegetaciones de afinidad tropical.		2 (medio)	
	Los principales tipos de vegetación y uso del suelo representados en esta región, así como su porcentaje de superficie son:			
	Manglar	Vegetación halófila densa dominada por mangles en zonas costeras, estuarinas y fangosas, siempre zonas salobres. Pueden alcanzar los 25 m.		27%
	Selva baja espinosa	Comunidad vegetal de 4 a 15 m de altura con dominancia de especies espinosas.		16%
	Selva mediana subperennifolia	Comunidad vegetal de 15 a 30 m de altura en donde un 25 a 50 % de las especies tiran las hojas.		15%
	Vegetación acuática	Cualquier tipo de vegetación que requiera del medio acuático para vivir.		11%
Selva mediana subcaducifolia	Comunidad vegetal de 15 a 30 m de altura en donde un 50 % de las especies conservan las hojas todo el año.	9%		

Región Terrestre Prioritaria 146, Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam.					
	Selva caducifolia	baja	Comunidad vegetal de 4 a 15 m de altura en donde más del 75 % de las especies pierden las hojas durante la época de secas.	9%	
	Áreas vegetación aparente	sin	Áreas áridas o erosionadas en donde la vegetación no representa más del 3 %, se incluyen eriales, depósitos de litoral, jales, dunas y bancos de ríos.-	8%	
	Otros			5%	
Integridad ecológica funcional:	Marismas, selvas bajas y comunidades dulceacuícolas.				4 (alto)
Función como corredor biológico:	Información no disponible.				0 (no se conoce)
Fenómenos naturales extraordinarios:	Para sitios de anidación del flamenco rosado. Sitio de concentración excepcional de <i>Limulus polyphemus</i> (cacerolita de mar).				3 (muy importante)
Presencia de endemismos:	Algunas especies como <i>Pseudophoenix sp.</i> Las 554 especies reportadas en Ría Lagartos incluyen 142 endémicas de Mesoamérica, de las cuales 15 son endémicas de México y una de Yucatán.				2 (medio)
Riqueza específica:	En la zona de Ría Lagartos, en cuanto a flora, podemos encontrar especies de gran importancia como la flor de mayo (<i>Plumeria obtusa</i>), kuka (<i>Pseudophoenix sargentii</i>), chit (<i>Thrinax radiata</i>), tasiste (<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>), palma real (<i>Roystonea sp.</i>) y <i>Coccothrinax sp.</i> Se han reportado varias especies de mamíferos en peligro de extinción como el mono araña, el jaguar, el ocelote, el tigrillo, el leoncillo y el oso hormiguero; entre las aves encontramos al flamenco rosa, el cormoran, la garza, la cigüeña y la gallinita de agua, entre otros. Además, podemos encontrar una gran variedad de peces e invertebrados de interés comercial como recursos pesqueros				1 (bajo)
Función como centro de origen y diversificación natural:	Información no disponible.				0 (no se conoce)
G. ASPECTOS ANTROPOGÉNICOS					
Problemática ambiental:	Los principales problemas que existen son el crecimiento urbano desordenado en la zona costera, las actividades industriales con poca regulación incluyendo la pesca, la salinera y el sobrepastoreo de ganado.				
Aspecto:	Descripción:			Valor para la conservación:	
Función como centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles:	Información no disponible.			0 (no se conoce)	
Pérdida de superficie original:	Información no disponible.			0 (nulo)	
Nivel de fragmentación de la región:	Se mantiene la conectividad entre las comunidades de vegetación costera.			2 (medio)	

Región Terrestre Prioritaria 146, Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam.		
Cambios en la densidad poblacional:	Para la zona de ría Lagartos se tiene una población de 6,900 habitantes aproximadamente. En la zona de Yum Balam se calculan más de 10,000 habitantes, la mayoría de los cuales son mayas y se encuentran en la parte oeste y en la costa.	1 (estable)
Presión sobre especies clave:	Información no disponible	0 (no se conoce)
Concentración de especies en riesgo:	Información no disponible.	0 (no se conoce)
Prácticas de manejo inadecuado:	En la zona ría Lagartos los problemas de quemas incontroladas en las selvas, cacería furtiva, explotación forestal incontrolada, proyectos futuros de acuicultura extensiva, ganadería, planes para el desarrollo de megaproyectos de fomento turístico, pesca incontrolada, presión urbana sobre la parte alta de la región, caminos nuevos que puedan cruzar el área y el establecimiento de una salinera. En la zona de Yum-Balam los problemas son la tala de la vegetación nativa, la fragmentación del hábitat, la disminución de especies acuáticas, la disminución de poblaciones de mamíferos y aves, la disminución de poblaciones de árboles maderables, la alteración de los flujos de agua, la contaminación química, la disminución de las poblaciones de palma, la contaminación orgánica y por desechos sólidos, el azolve, el cambio en la salinidad, los impactos a las poblaciones de tortugas marinas, la eutroficación, la disminución de las poblaciones de mangle, la disminución de cocodrilos, la introducción de especies exóticas, perturbación a aves y la disminución en la cobertura de la vegetación subacuática.	2 (medio)
H. CONSERVACIÓN		
Aspecto:	Descripción:	Valor para la conservación:
Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado:	Establecimiento de dos ANP Yulam Balam y Ría Lagartos.	2 (medio)
Importancia de los servicios ambientales:	Turismo.	2 (medio)
Presencia de grupos organizados:	Yum Balam A.C., municipio Lázaro Cárdenas, Cinvestav, Pronatura-Yucatán, Profepa Yucatán, Centro regional de investigaciones pesqueras Yucalpetén, Sagar Yucatán, Sedesol Yucatán, Secretaría de Ecología del Gobierno del estado, Secretaría de marina, CICY, Facultad de Medicina Veterinaria de la UADY, Instituto Tecnológico de Mérida, Industria salinera de Yucatán S.A., Biocenosis A.C., Pronatura Península de Yucatán A.C., Centro Integrado para el Manejo de los Recursos Naturales, A.C., Cinvestav unidad Mérida, Federación de Cooperativas Pesqueras de Oriente del Estado, Unión Ganadera Regional de Oriente de Yucatán, Sindicato de Trabajadores de la Industria salinera de Yucatán, SSS Lancheros Unidos Flamings (Río Lagartos), SSS Lancheros Punta Bachul (San Felipe), SSS Héroes Marinos Anónimos (Las Coloradas),	3 (alto)

Región Terrestre Prioritaria 146, Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam.		
	SSSPescadores Unidos de Las Coloradas, Sociedad de Producción Rural 10 de septiembre (Río Lagartos), SSS Oasis del Golfo (Las Coloradas), SSS Auténticos Pescadores Ribereños (San Felipe), SSS Tiburoneros de oriente (Río Lagartos), comisariado ejidal Nuevo Tekal, presidencia municipal de San Felipe, presidencia municipal de Río Lagartos, presidencia municipal de Tizimín, comisaría municipal de El Cuyo, comisaría municipal de Las Coloradas, comisaría ejidal San Felipe, Comisaría ejidal río Lagartos, Comisaría ejidal de El Cuyo, Instituto Tecnológico Agropecuario no. 19 (Tizimín, Yuc).	
Políticas de conservación:	No se conocen actividades de conservación en la región.	
Conocimiento:	Únicamente se han inventariado algunos grupos de plantas.	
Información:	Instituciones: Yumbalam A.C., Cinvestav, CICY, Ciqro, UNAM (estación Puerto Morelos).	
I. METODOLOGÍA DE DELIMITACIÓN DE LA RTP-146		
En función a que corresponde un área homogénea desde el punto de vista topográfico, se consideró el criterio de vegetación, agrupando todos los tipos de vegetación asociados a la geomorfología litoral, particularmente los esteros y lagunas costeras, propios de esta parte del país.		

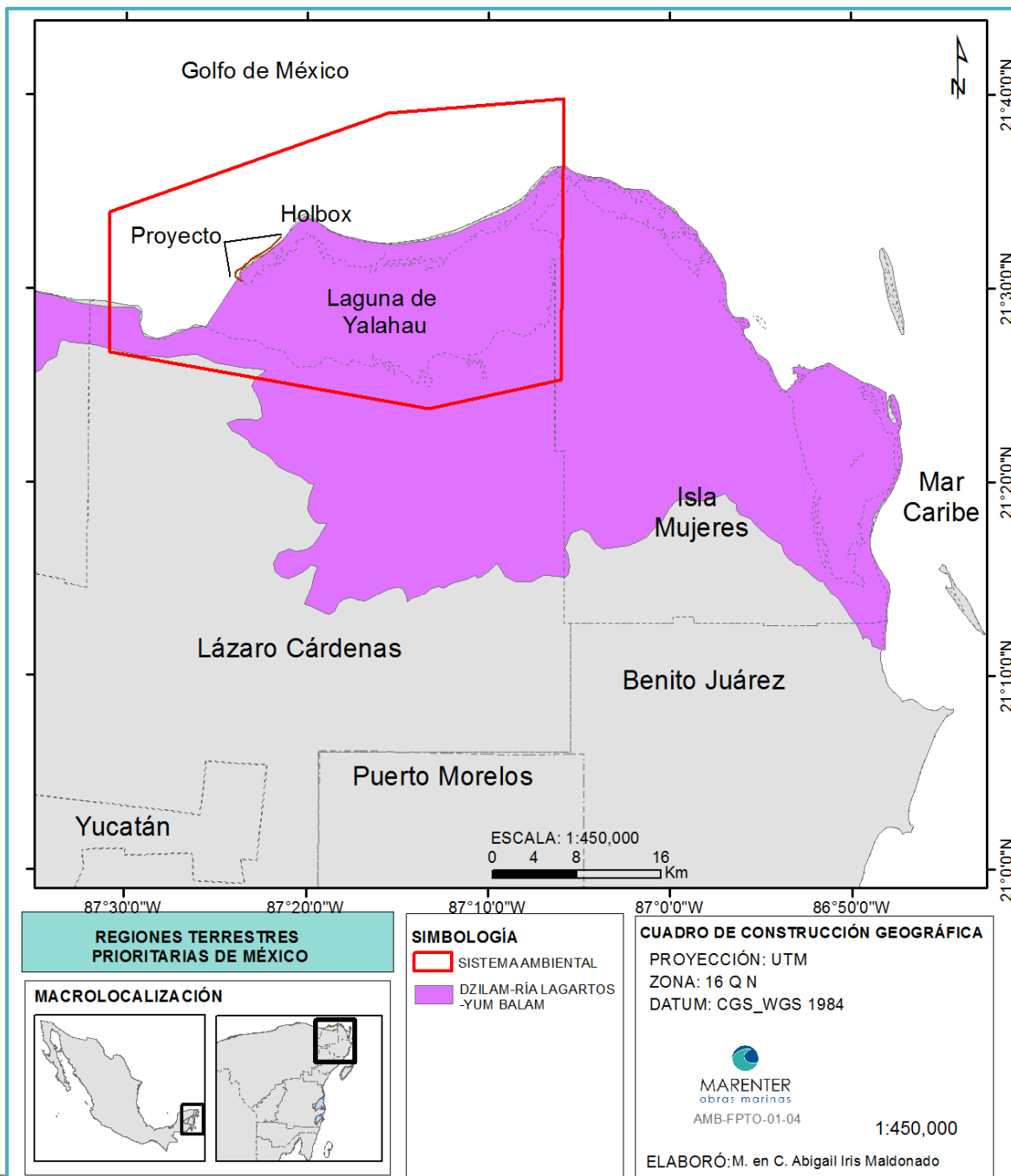


Figura III_9. Región Terrestre Prioritaria.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

En este capítulo se describirá y se analizará el Sistema Ambiental Regional (SAR) establecido para el proyecto denominado “*Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo*”. La información que se presenta en este apartado, es el resultado de una prospección de campo, aplicando técnicas y métodos de muestreos para conocer y obtener registros de la flora y fauna presentes; además se realizó una revisión exhaustiva de artículos científicos, informes, estudios realizados para la zona y literatura publicada por fuentes oficiales como el INEGI, CONABIO, CONANP, CONAFOR, SEMARNAT, Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM), Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), así como los estudios emitidos por las autoridad Local y Estatal, entre otros.

Por otra parte, se presenta la integración del Sistema de Información Geográfica para la delimitación del Sistema Ambiental, el cual implicó técnicas de análisis espacial, fotointerpretación de imágenes aéreas e imágenes satelitales, con el cual se realizó la caracterización ambiental del SAR del proyecto. Teniendo como propósito reflejar el comportamiento de las interacciones de las actividades y tendencias del proyecto, así como su influencia en el SAR y área de influencia directa.

IV.1. Delimitación y justificación del SAR donde se pretende establecer el proyecto

Un sistema ambiental se define como el conjunto de elementos con interacción e interdependencia, que le confieren entidad propia al formar un todo unificado.

Para efecto de la delimitación del sistema ambiental, existen diversos criterios y metodologías aplicadas tales como:

1. Ecosistemas homogéneos.
2. Zonificaciones de instrumentos de política ambiental (UGA's), en caso de que existan programas de ordenamientos ecológicos.
3. Límites de uso del suelo existentes y fronteras de perturbación antrópica.
4. Comportamiento del patrón hidrológico superficial en la conformación de cuencas, subcuencas y microcuencas.
5. Alcance del efecto de un impacto ambiental significativo o relevante.
6. Cumplimiento de disposiciones normativas en materia ambiental que definen áreas geográficas de estudio.

La delimitación del **Sistema Ambiental (SA)** incluyó los criterios anteriores y se consideró determinarlo con base a la identificación de fronteras de perturbación antropogénicos, límites físicos como vías de comunicación y construcciones y límites naturales en la línea de costa (**Figura IV_ 1**).

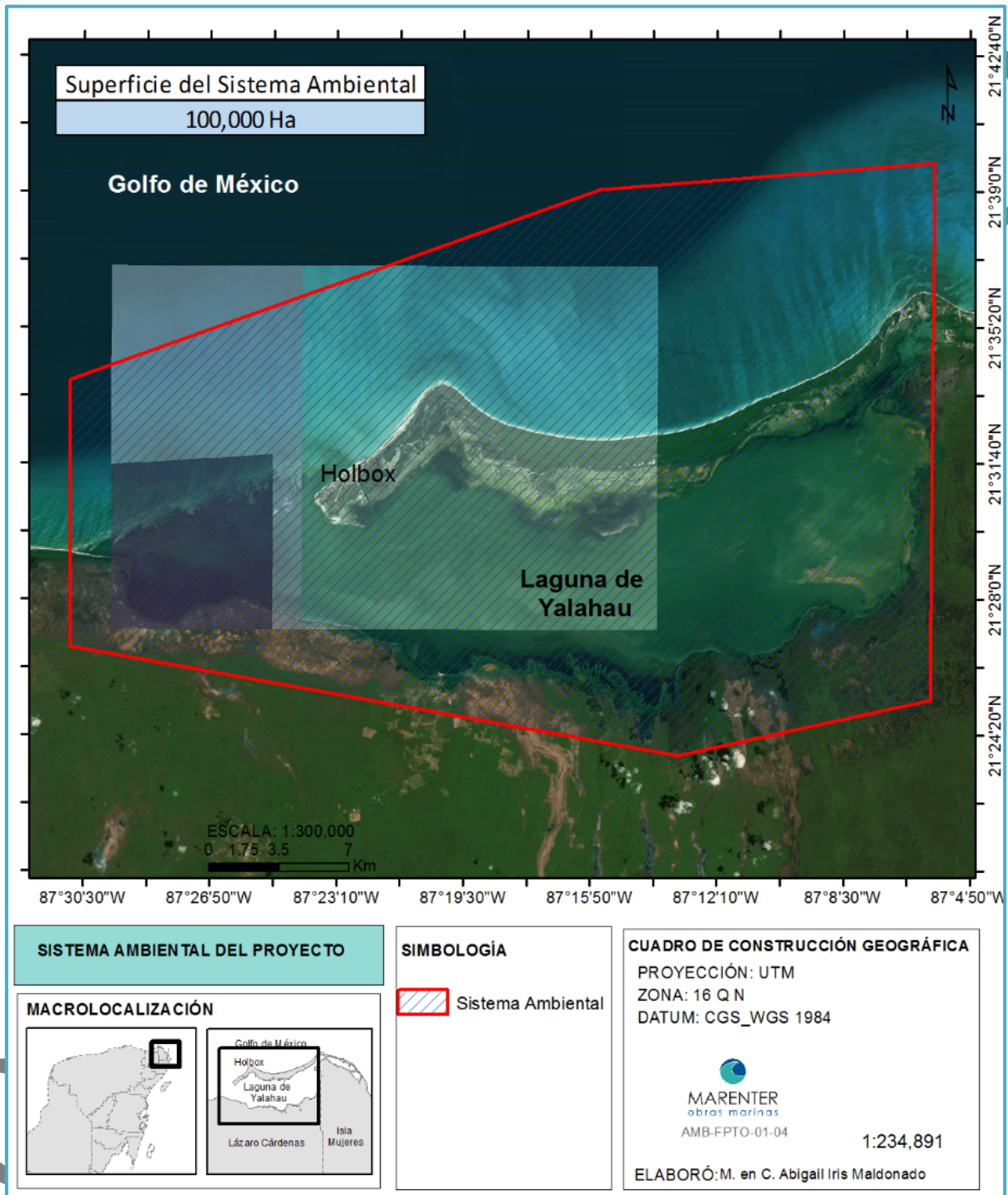


Figura IV_ 1.- Delimitación del Sistema Ambiental.

Los límites del SAR son los siguientes:

1. Al Norte por una franja de 4 a 6 km del límite de la ANP abarcando la zona de dunas caminantes,
2. Al Este por el límite del ANP,
3. Al Sur por el límite del ANP y una línea recta del vértice al Sureste de la zona urbana hacia el límite Este de la ANP, y
4. Al Oeste por el límite del ANP.

El SAR ocupa una superficie de **100 ha**, dentro de ésta, el proyecto tendrá su influencia y además será el marco de referencia para la identificación y evaluación de los impactos generados en las actividades de cada una de las etapas, así como la propuesta de medidas de mitigación, asegurando que con su implementación se reduzcan sus efectos.

IV.1.1.1. Área de influencia directa e indirecta del proyecto

El proyecto denominado “*Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo*”, tendrá una influencia directa en la zona costera de Isla Chica, Holbox hacia el mar a una distancia menor de 1.5 km (**Figura IV_2**).

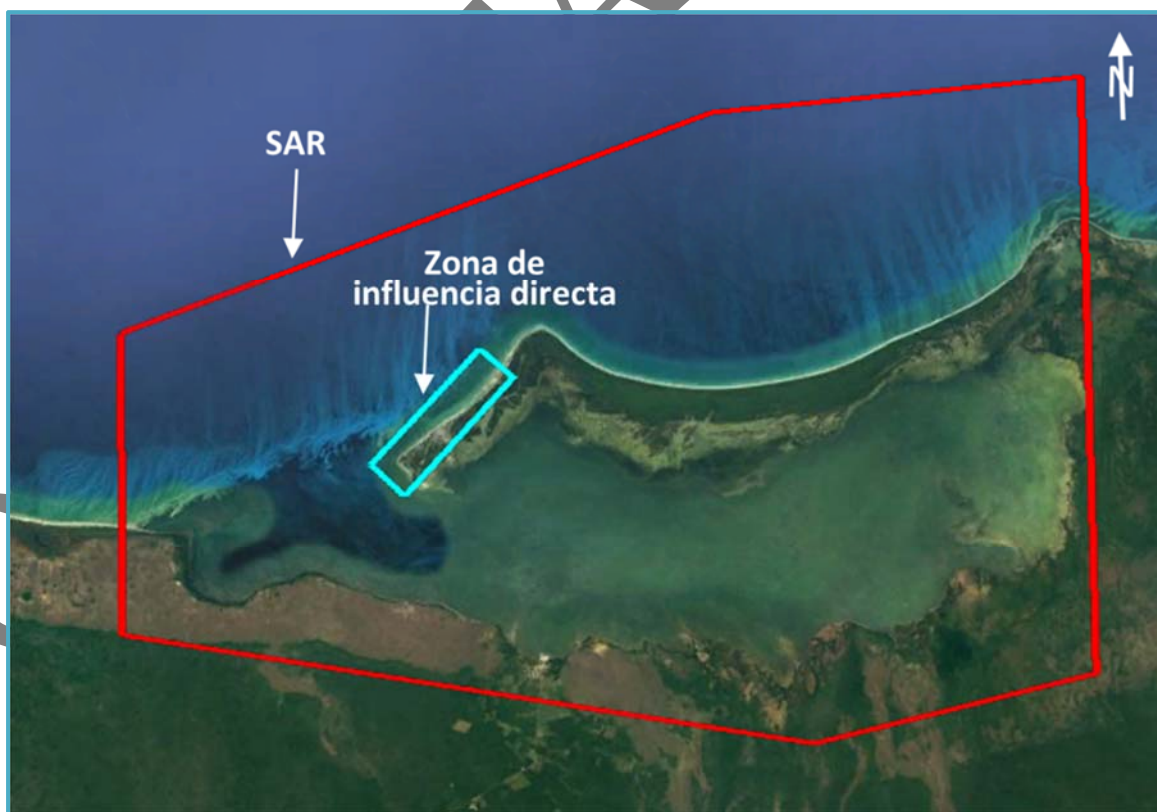


Figura IV_2.- Zona de influencia directa del proyecto.

IV.2. Caracterización y análisis del SAR

La caracterización del SAR se desglosará en los apartados subsecuentes del presente capítulo, de manera general se comenta:

- Calidad ambiental del o de los ecosistemas: El área del proyecto corresponde a un sistema erosionado que refleja la pérdida de la playa, propiedad privada y zonas de mangle; donde las estructuras colocadas para revertir la pérdida de arena se encuentran deterioradas y han perdido efectividad (**Figura IV_ 3**).
- Afectación directa o indirecta de los recursos naturales: Los recursos naturales no serán afectados permanentemente por las obras del proyecto, ya que lo que se pretende con su implementación es evitar la erosión en la Isla Chica, de Holbox.



Figura IV_ 3.- Fotografías de la erosión en la zona costera de Isla Chica, Holbox.

IV.3. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad del SAR

La caracterización y análisis retrospectivo del SAR estará basado en la descripción de los parámetros del medio abiótico, biótico y socioeconómico, los cuales abarcarán dependiendo del parámetro la zona del proyecto, SAR o el municipio de Lázaro Cárdenas.

IV.3.1. Medio abiótico

IV.3.1.1. Clima y fenómenos meteorológicos

El régimen climático característico en toda la península de Quintana Roo corresponde con el tipo cálido subhúmedo (Aw), afectado localmente por su vecindad con el Mar Caribe y las bajas elevaciones del terreno sobre el nivel del mar.

La zona norte del municipio de Lázaro Cárdenas, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificado por García (1981), se manifiesta el subtipo climático cálido subhúmedo Aw0, que es el más seco de los cálidos subhúmedos (**Figura IV_ 4**).

IV.3.1.1.1 Temperatura

La estación meteorológica de Kantunilkin registra una temperatura media anual de 24.7°C y una precipitación anual de 1511.4mm, el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con canícula con un cociente P/T mayor de 55.3, con poca oscilación de la temperatura media mensual, entre 5° y 7°C.

IV.3.1.1.2 Precipitación

Las mayores precipitaciones en el Municipio de Lázaro Cárdenas se presentan hacia el sur del territorio, en donde alcanzan los 1500 mm anuales, y estas disminuyen conforme se avanza hacia el norte, teniéndose los mínimos de precipitación en la costa (800 mm).

IV.3.1.1.3 Vientos

Esta región está bajo la influencia de los vientos alisios durante todo el año, provenientes del Este y Sureste principalmente, con velocidades entre 2 y 10 m s⁻¹, y el régimen de lluvias marca el patrón climático en secas (Marzo-Mayo), lluvias (Junio -Octubre) y 'nortes' o tormentas estacionales (Noviembre a Febrero) con vientos de hasta 90 km h⁻¹, lluvia moderada y descensos de temperatura de hasta 15°C en 24 h.

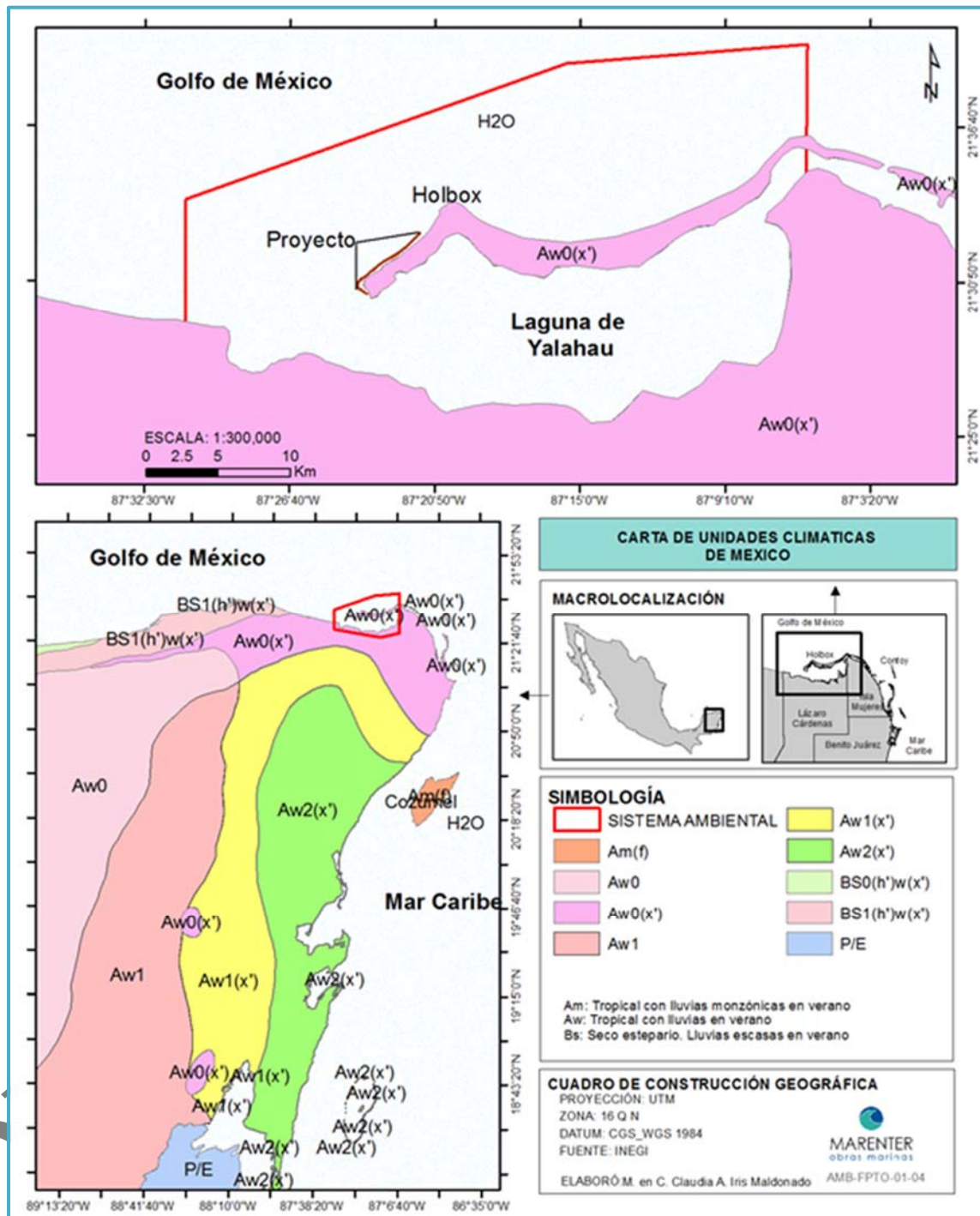


Figura IV_ 4. Subtipos climáticos que se presentan en el sitio del proyecto.

IV.3.1.1.4 Análisis del paso de huracanes

La zona de estudio, como toda la zona costera de Quintana Roo, es susceptible al impacto de huracanes que se forman en el Atlántico y que se desplazan por todo el Mar Caribe, generalmente desde las Antillas Menores hacia el norte, pasando por la Península de Yucatán y afectando en ocasiones hasta el Golfo de México. La zona ya ha sido afectada por huracanes de nivel 5. A nivel nacional, el estado de Quintana Roo ocupa el tercer lugar en cuanto al número de ciclones que afectaron directamente a la República Mexicana durante el periodo de 1970 a 2006.

Las mayores precipitaciones en el Municipio de Lázaro Cárdenas se presentan hacia el sur del territorio, en donde alcanzan los 1500 mm anuales, y estas disminuyen conforme se avanza hacia el norte, teniéndose los mínimos de precipitación en la costa (800 mm).

En relación con los factores de riesgo hidrometeorológicos, la zona donde se pretende llevar a cabo la implementación del proyecto se encuentra en la franja de paso de huracanes que se forman en la región del Atlántico. Lo anterior determina que exista un elevado riesgo a este tipo de fenómenos meteorológicos. De acuerdo a Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), la zona norte del estado de Quintana Roo se cataloga como de alto riesgo a la incidencia de ciclones (**Figura IV_5**).

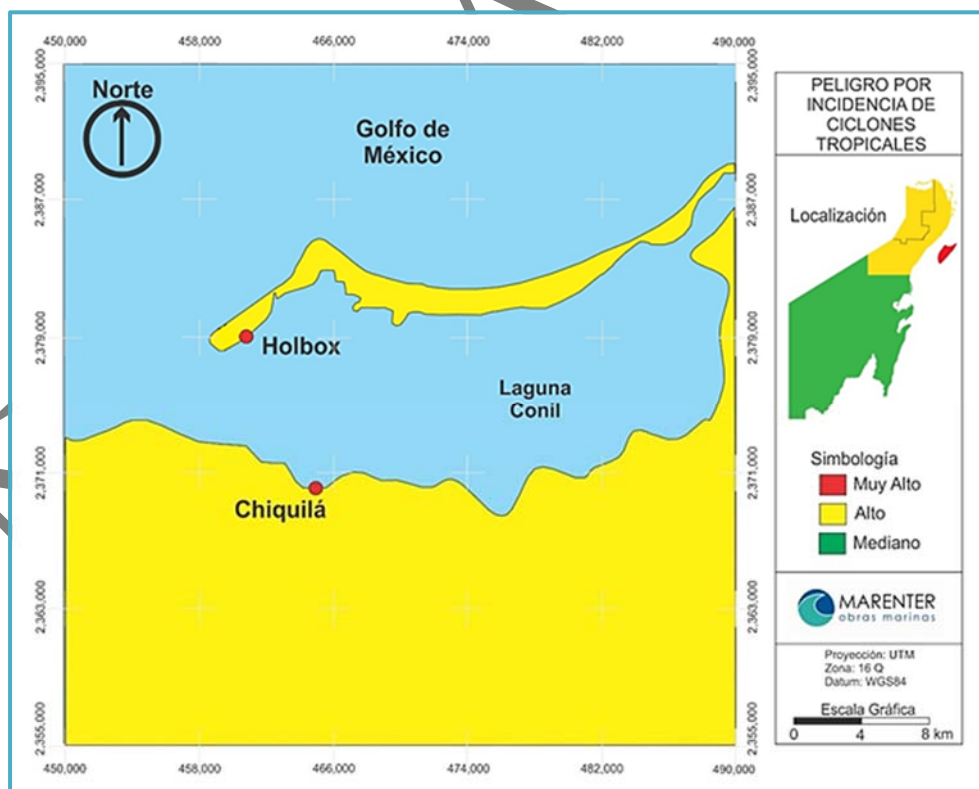


Figura IV_5. Mapa de peligros por incidencia de ciclones

Los huracanes son frecuentes durante la última parte del verano y el comienzo del otoño (agosto - octubre e incluso noviembre). Cuando se generan estas perturbaciones atmosféricas afectan a las costas de Quintana Roo. Los fuertes vientos, el oleaje generado por los mismos y las ondas de tormenta que elevan considerablemente el nivel del mar, causan con regularidad efectos destructivos en los ecosistemas costeros. Los vientos generados por estos fenómenos suelen alcanzar velocidades superiores a 120 nudos (222 km/h).

En la **Tabla IV_ 1** se presentan algunas características importantes de los huracanes que se han presentado en la región en los últimos 25 años y que han ocasionado alguna afectación en la costa del Estado de Quintana Roo.

Tabla IV_ 1. Lista de algunos de los huracanes que se han presentado en la Península de Yucatán.

Nombre	Categoría	Estados Afectados	Fecha		Velocidad Máxima Vientos (Km/H)
			Año	Mes	
Ernesto	H1	Sur de Quintana Roo	2012	Agosto	150
Rina	TT	Norte de Quintana Roo	2011	Octubre	120
Paula	H1	Norte de Quintana Roo	2010	Noviembre	160
Ida	H2	Norte de Quintana Roo	2009	Noviembre	160
Dean	H5	Península de Yucatán, Veracruz, Estado de México.	2007	Agosto	280
Emily	H4	Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila.	2005	Julio	250
Stan	T1	Quintana Roo, Veracruz, Chiapas, Tabasco, Oaxaca	2005	Septiembre	75
Wilma	H4	Quintana Roo	2005	Octubre	275
Ivan	H5	Quintana Roo, Yucatán	2004	Septiembre	270
Claudette	H1	Quintana Roo, Yucatán	2003	Julio	140
Isidore	H3	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco	2002	Septiembre	205
Chantal	TT	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco	2001	Agosto	115
Gordon	DT	Quintana Roo, Yucatán, Campeche	2000	Septiembre	55
Mitch	H5	Centroamérica, Península de Yucatán	1998	Noviembre	250
Roxanne	H3	Campeche, Quintana Roo, Tabasco	1995	Octubre	160
Opal	DT	Campeche, Quintana Roo, Tabasco	1995	Septiembre- Octubre	35
Gilberto	H5	Península de Yucatán, Tamaulipas, Monterrey.	1988	Septiembre	296

En el período de 1985 al 2000 se registraron 3 tormentas tropicales cuyos centros cruzaron entre Dzilam de Bravo y Cabo Catoche. De éstos, un huracán fue categoría 5 (Gilberto en 1988), y 2 depresiones tropicales (Opal en 1995 y Gordon en el 2000).

En contraste, para el período 2000 al 2011 se registraron 8 tormentas tropicales, 3 huracanes (Emily clase 4 en 2005, Wilma clase 4 en 2005, Ida clase 1, 2009), 4 tormentas tropicales (Claudette en 2003, Olga en 2007, Dolly en 2008, Rina en 2011), y una depresión tropical (Cindy en 2005).

Esta situación, ha provocado que, en diferentes ocasiones, la Isla de Holbox haya tenido que ser evacuada como parte de las acciones que lleva a cabo el Gobierno del Estado en coordinación con autoridades federales y municipales, para salvaguardar la integridad de los habitantes y turistas.

IV.3.1.2. *Geomorfología*

En el estado de Quintana Roo la evolución y características geológicas están estrechamente relacionadas a la historia de toda la península de Yucatán, que abarca también los estados de Campeche y Yucatán, además de la parte norte de Guatemala y noreste de Belice, con los que forma una sola unidad. Esto hace imposible hablar de las características del estado sin hacer mención de las de toda la península.

La composición geológica superficial consiste en rocas sedimentarias (carbonatos antigénicos y anhidritas). Es importante mencionar que en todo el estado, y en la península, presenta unos cuantos afloramientos representativos, debido al material de caliche reciente, producto de la transformación de éstos o consolidación del material suelto, cuyo espesor de 2 a 10 m cubre casi todas las rocas del Terciario.

La Isla de Holbox se encuentra en la porción norte de la península de Yucatán, en el sureste de México, rodeada por el Golfo de México y Mar Caribe. La península es de origen cárstico y permaneció sumergida durante el Cretácico y Terciario. Esta región se caracteriza por una plataforma continental submarina formada por rocas sedimentarias sobre un basamento cristalino del Paleozoico, el cual sugiere que es una de las estructuras más recientes del territorio mexicano que se originó a partir de un ascenso en el Plioceno-Cuaternario. En lo que se refiere a su orografía, no existen accidentes topográficos mayores en la zona, a excepción de la porción sur de la península.

De manera más específica y de acuerdo con el INEGI (1984) en su carta geológica escala 1:250,000 CANCÚN F16-8, en la zona del proyecto se presentan suelos Litorales Q(li) de origen cuaternario constituidos por arenas de diferente composición y tamaño, bien o mal clasificadas según el área en que se encuentren, están formadas por oolitas y en menor cantidad por fragmentos de moluscos, corales, equinodermos, espículas de esponjas, alucionarios y equinodermos, además de microforaminíferos bentónicos y planctónicos (**Figura IV_ 6**).

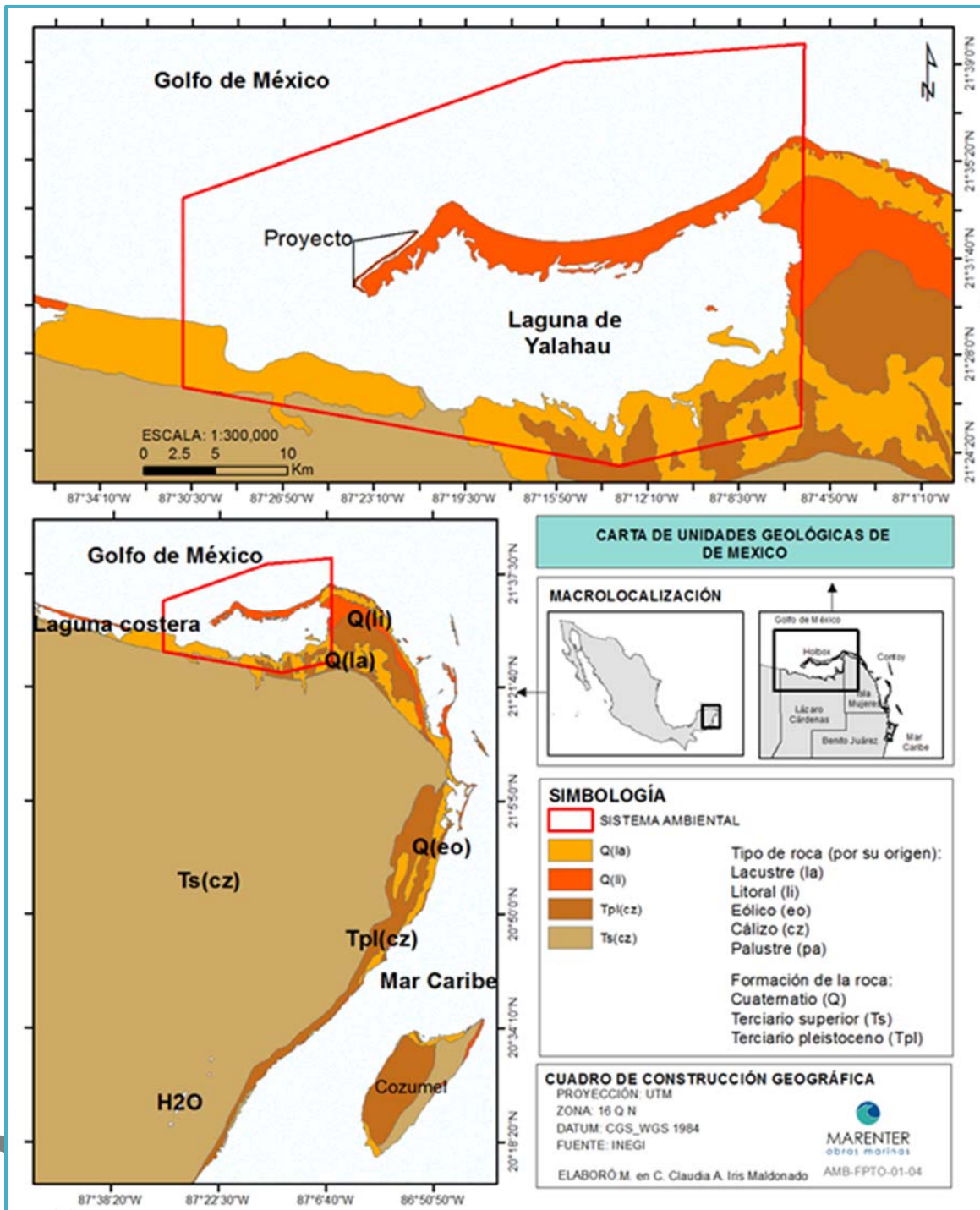


Figura IV_ 6. Mapa Geológico del área de Estudio

En cuanto a la geomorfología de la Isla Holbox, está constituida por dos zonas, la primera corresponde a un área denominada Barrera de Costa (cordón litoral) que comprende casi la totalidad de la isla, y la segunda zona corresponde a un área de costa de inundación e intermareal ubicada en la porción sur-sureste de la isla.

Esto significa que la parte del cordón litoral básicamente está compuesto por la duna costera que se presenta en la porción norte de la Isla, y es altamente erosiva si se desprotege de la vegetación, ya que se puede ver afectado por cualquier proceso de erosión eólico o hídrico.

Por otra parte la costa de inundación es un poco más estable, ya que en estas zonas se presenta mucho la sedimentación, pero también es susceptible ante cualquier evento fuerte, por ejemplo marejadas generadas por huracanes (**Figura IV_ 7**).

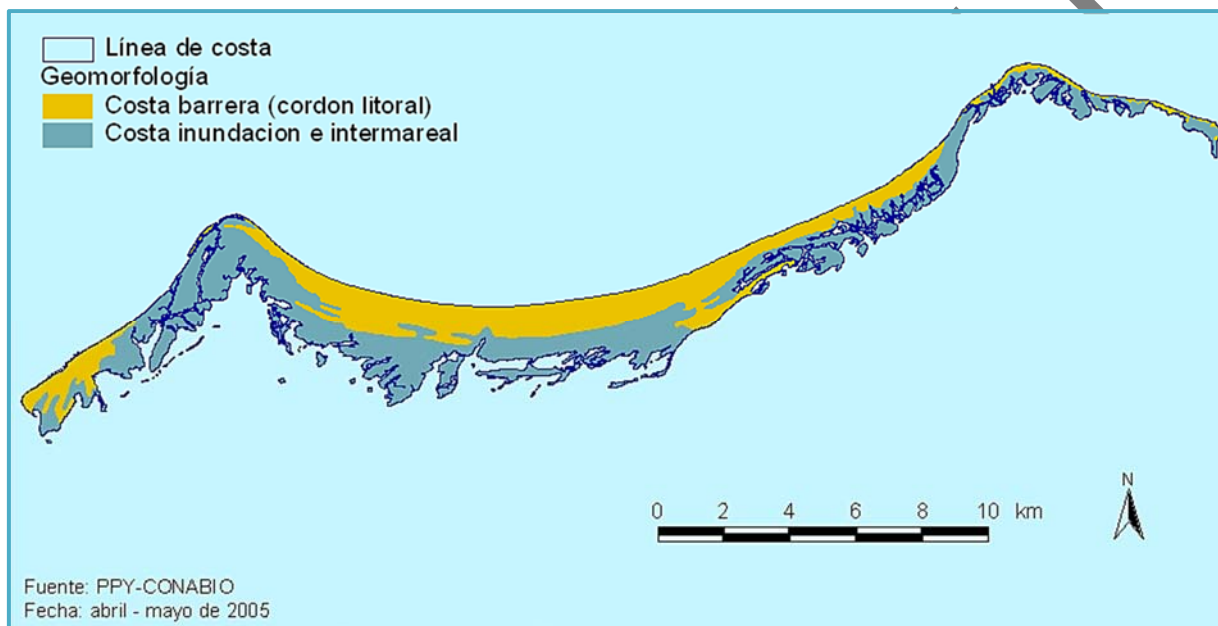


Figura IV_ 7. Mapa de Geomorfología en Isla Holbox

La zona del proyecto puede ser susceptible a:

- **Sismicidad:** Por las características geológicas que presenta toda la península de Yucatán, es poco factible la ocurrencia de movimientos sísmicos. Sin embargo, en el mes de junio del 2002, se presentó un movimiento telúrico con epicentro en el sur del estado, en Chetumal.
- **Deslizamiento:** La ausencia de movimientos tectónicos en la península de Yucatán hace difícil la ocurrencia de deslizamientos debido a la naturaleza caliza de la roca de la península, la acción de las lluvias y las corrientes subterráneas originan cavernas, que en ocasiones adelgazan la capa rocosa causando derrumbes y formación de cenotes.
- **Otros movimientos de tierra o roca:** A parte de los movimientos mencionados, existe la posibilidad de hundimientos en el terreno, debido a la naturaleza kárstica de la zona.

- **Actividad volcánica:** En la península no existen cordilleras volcánicas por lo que no existe la posibilidad de fenómenos de este tipo.

IV.3.1.2.1 Suelo

El estado de Quintana Roo presenta en general suelos poco profundos y en asociaciones de dos o más tipos, donde predominan los litosoles y las rendzinas, los factores fundamentales de la formación, evolución y por ende la diferenciación edáfica se aprecia en la entidad, son producto de las influencias climáticas, la naturaleza geológica y el relieve, considerados en conjunto.

Desde el punto de vista edáfico, la entidad se distingue por la predominancia de suelos someros y pedregosos, de colores que van del rojo al negro, pasando por diversas tonalidades de café. Así mismo, estos suelos muestran, en común, un abundante contenido de fragmentos de roca de 10 y 15 cm de diámetro, tanto en la superficie como en el interior de su perfil, además de que regularmente se ve acompañada de grandes y repetidos afloramientos de la típica coraza calcárea yucateca; otra de sus características es que es común hallarlos en pequeñas asociaciones de dos o más tipos de suelos, lo que corresponden casi exactamente a la combinación de toposformas que configuran el relieve de cada lugar.

El conjunto de suelos presentes en el estado está conformado por rendzinas, gleysoles, luvisoles, vertisoles, solonchaks, regosoles y litosoles; en términos de extensión superficial, se aprecia la amplia predominancia de los dos primeros sobre los restantes.

La altura promedio del predio es de 40 msnm con pequeñas variaciones no significativas. Los terrenos presentan una topografía plana con colinas y hondonadas dispersas y pendientes de dirección norte – sur. La unidad Geomórfica es la Planicie del Caribe, la cual está constituida por rocas postpliocénicas en la parte central. Presenta un desnivel de 2 a 3 metros, en ellas se encuentra la estructura de bajos, que son áreas planas delimitadas por porciones de terrenos más elevadas, en donde se desarrolla un proceso de acumulación de agua debido a la impermeabilidad del suelo.

En el municipio de Lázaro Cárdenas predominan los suelos de redzina generados por las rocas calizas que son afectadas por las lluvias. Estos son suelos poco profundos y evolucionados con baja fertilidad. Su espesor no pasa de 20 cm y son pedregosos, por lo que en general no son favorables para la agricultura. De acuerdo a la clasificación maya los suelos predominantes en el municipio son: Tzequel o Ek-luum (suelo calcáreo con lámina).

La Isla de Holbox, está conformada por suelos Arenosol y Regosol Calcárico (Rc). Los suelos del tipo Solonchak órtico están asociados a ecosistemas costeros y de manglar por lo que se localizan en los bordes de la Laguna Conil o Yalahau.

Por su parte, los suelos Regosol calcárico, donde se localiza el proyecto, se localizan en la cara de la isla con frente al Golfo de México (**Figura IV_ 8**). Los regosoles se caracterizan por ser suelos que no muestran ninguna diferenciación de su perfil en términos de horizontes edáficos bien definidos. En el estado de Yucatán aparecen dos variantes de este tipo de suelo, notablemente diferentes entre sí. La primera de ellas corresponde a los depósitos arenosos de la costa, formados por una sucesión de capas superpuestas de material arenoso de origen conchífero, que en conjunto presentan profundidades mayores de un metro. Estos son suelos de colores claros, cuya capa más superficial es de color café amarillento o crema, aclarándose conforme aumenta la profundidad donde aparece el dominado el color gris amarillento, casi blanco.

Se trata de suelos de textura gruesa, con más de 90% de arena, sin estructura y escaso contenido de materia orgánica, generalmente menor al 1%, y relativamente alcalinos, con valores de pH que varían entre 7.5 y 8.5. Son suelos que a pesar de su cercanía al mar se mantienen libres de sales solubles, aunque no es así en el caso del sodio, que llega a ocupar poco más del 20% de la capacidad de intercambio catiónico, pues sus valores son por lo regular muy bajos, menores de 3 meq/100 gr. Asimismo, la saturación de bases es del orden del 100%, destacando el calcio como el elemento más importante, seguido del magnesio. Estos regosoles son suelos poco fértiles debido a la escasa vegetación que crece sobre ellos, lo cual impide la acumulación de materia orgánica humificada. Esta condición, junto con su posición frontal a vientos y mareas, favorece también la inestabilidad de estos suelos, lo que se traduce en la formación de las playas y dunas que caracterizan al cordón litoral de la entidad.

La segunda variante de regosoles que aparece se distingue de la anterior porque en este caso se trata de suelos someros, no mayores de 50 cm de espesor, formados por materiales de color amarillento oscuro, cuya textura es franca o de migajón arcilloso. Además, estos suelos presentan ya un ligero desarrollo en su estructura, motivado quizá por su mayor contenido de materia orgánica el cual varía entre 4.5 y 15.8% en la capa más superficial.

Estos regosoles se presentan generalmente en fase lítica, salina y sódica, probablemente por su localización en la angosta franja de terrenos que separa la ciénega de la tierra firme propiamente dicha.

No obstante, sus múltiples diferencias, a las dos variantes les corresponde la misma denominación completa de regosol calcárico (Rc), con la que se destaca ante todo, su alto contenido de carbonato de calcio activo en el perfil.

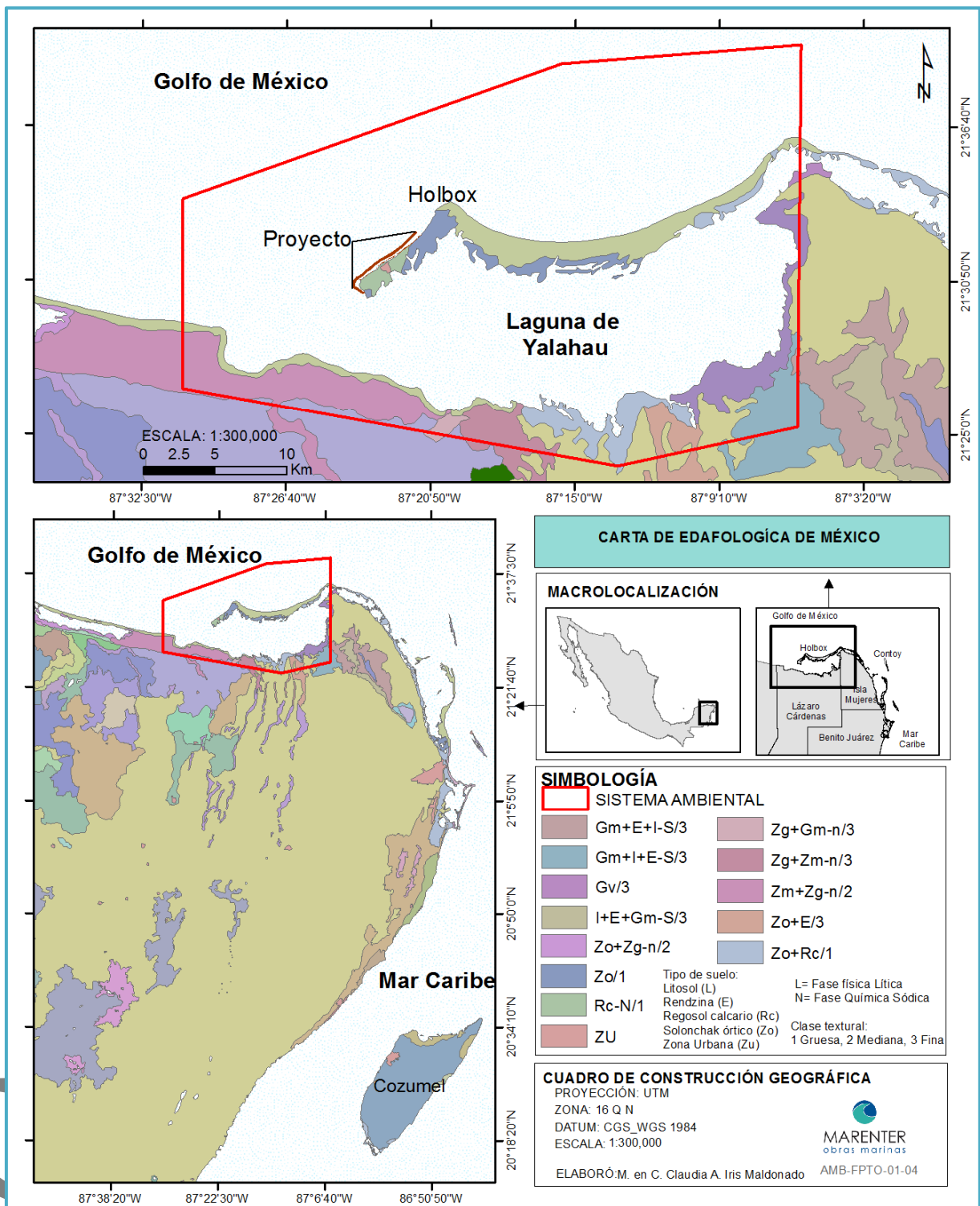


Figura IV_ 8. Mapa Edafológico del área de Estudio

IV.3.1.3. Agua

IV.3.1.3.1 Hidrología superficial

En el estado de Quintana Roo se encuentran dos regiones hidrológicas (RH), la RH 32 o Yucatán Norte y la RH 33 o Yucatán Este, la cual forma parte de la REGION XII península de Yucatán.

La península de Yucatán es una unidad geológica de alta permeabilidad, con materiales altamente solubles que favorecen la renovación del acuífero. El espesor de agua dulce crece tierra adentro, es menor a 30 metros en una faja de 20 Km., desde las costas y de 30 a 100 m en el resto de las planicies, estimándose mayor hacia las partes altas. Conforme aumenta la profundidad, el contenido de sales disueltas se incrementa. En la sub-región Yucatán y hacia la parte norte de la Península se presenta una marisma con algunos islotes y lagunas, de las que se pueden mencionar: Celestun, Chelem, Telchak, Río Lagartos y Conil o Yalahau. Un hecho importante en la subregión Yucatán es que el agua subterránea representa el 100% del agua disponible total. La superficie de la Región XII representa el 7% del total del país y aloja el 3.4% de la población. En la actualidad la disponibilidad del agua es alta y puede acercarse a la media en el futuro. La disponibilidad de agua en la región es de 34,303 millones de m³/año. De este volumen se extrae para los diferentes usos el 4%.

Esta cuenca, a pesar de contar con una precipitación pluvial superior a 1,000 mm anuales, se caracteriza por presentar escurrimientos superficiales efímeros o de muy corto recorrido debido a la alta permeabilidad del material que constituye el terreno y la elevada evaporación, que originan una importante infiltración del agua de lluvia con excepción de las zonas costeras que están sujetas a inundación y de pequeñas depresiones que son denominadas aguadas. De acuerdo con el INEGI (1984) en su carta hidrológica de aguas superficiales escala 1:250,000 CANCÚN F16-8, en la zona del proyecto se presentan coeficientes de escurrimiento del 0 al 5% en las Zonas Noreste y Suroeste, y en la Zona Centro un escurrimiento de 5 al 10 % (**Figura IV_ 9**).

El municipio de Lázaro Cárdenas forma parte del RH 32, de la cuenca 32A Quintana Roo. Esta cuenta se ubica al norte del estado, abarcando una superficie estatal que equivale a 31.00 % e incluye las islas de Cozumel, Mujeres y Contoy, limita al norte con Golfo de México, al este el Mar Caribe, al sur la división con la RH 33 y al oeste con el límite de Yucatán donde continua, excepto una pequeña porción que corresponde a la Cuenca 32B.

Por la formación del suelo, a base de roca caliza permeable, no existen escurrimientos de aguas superficiales. La principal laguna es Conil también conocida como Yalahau y Punta Laguna en el sur.

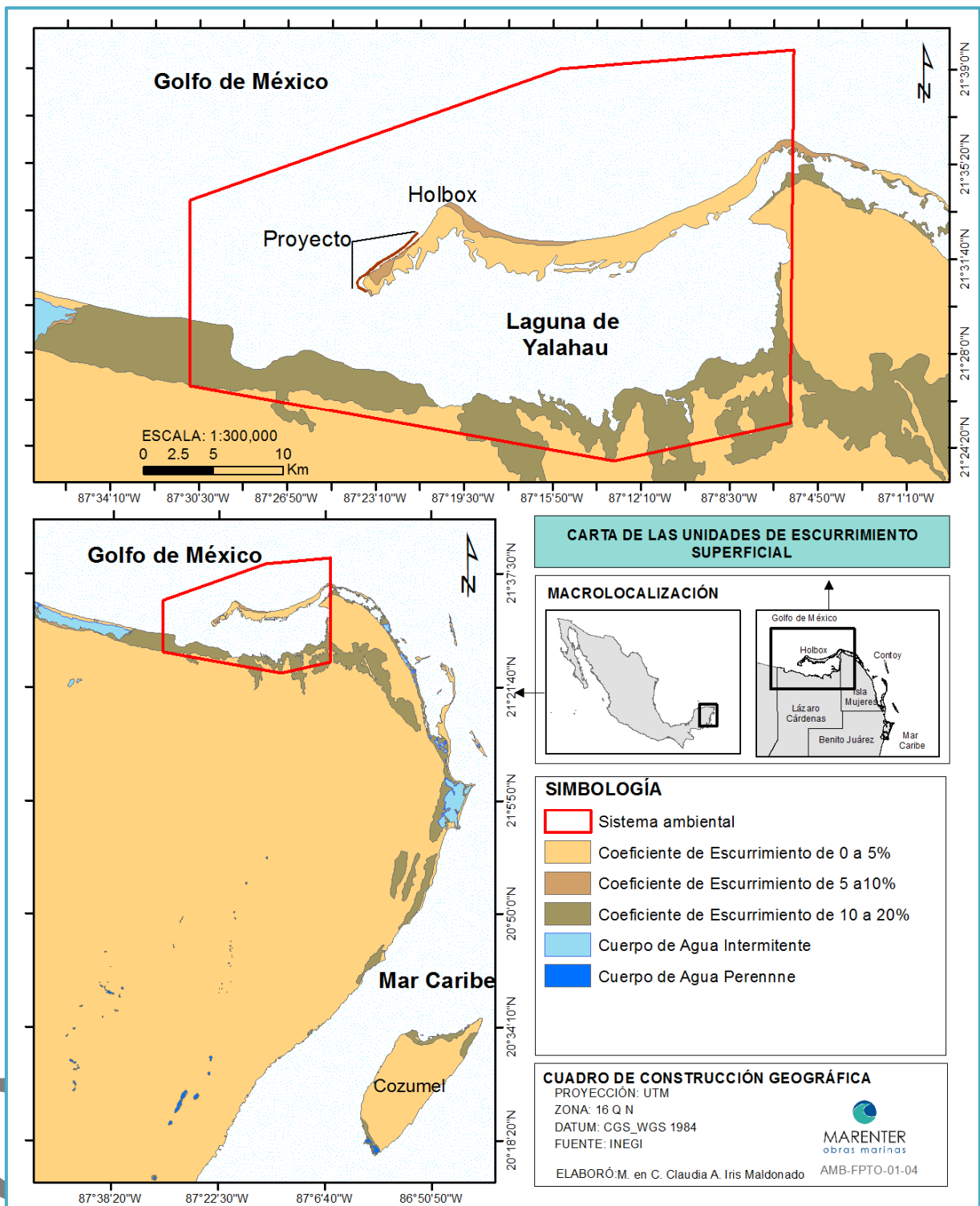


Figura IV_9. Mapa de Aguas Superficiales del área de Estudio

IV.3.1.3.2 Hidrología subterránea

En la región, el agua subterránea se mueve de las zonas de mayor precipitación hacia la costa. La porosidad primaria puede alcanzar valores hasta del 10 %, siendo el principal almacenamiento del agua en el karst y las fracturas el principal conducto para su transmisión. La porosidad de estos medios se clasifica como: de cavernas, de fracturas y de matriz; y de acuerdo a su comportamiento hidráulico funcionan según los tres tipos de medios siguientes: medio de almacenamiento, que corresponde a la matriz porosa; medio de transporte constituido por fracturas, que se comparan a los pasajes a través de los cuales se establece la circulación del agua subterránea y como medio de control, el cual conecta cavernas desarrolladas total o parcialmente a través de la roca cástica dando lugar a una superficie freática estable. Sin embargo, la unidad geohidrológica presente en la zona del proyecto corresponde a la denominada Material consolidado con posibilidades bajas de funcionar como acuífero (**Figura IV_10**).

La hidrología superficial de la Isla Holbox está constituida por zonas sujetas a inundación y cuerpos de agua permanentes. Los cuerpos de agua intermitentes se forman de acuerdo a la época del año y el régimen de lluvias que se presenta. En época de secas, a los cuerpos de agua intermitente se les puede observar como suelo desnudo o suelo húmedo. Los cuerpos de agua permanentes se forman principalmente por canales de conexión permanente con el agua de origen marino y por el régimen de marea, o también son considerados cuerpos de agua permanentes aquellos que no se secan totalmente después de la temporada de lluvias. En la porción oeste y borde sur de la Isla se encuentra distribuida la mayor parte de los cuerpos de agua, tanto intermitentes como permanentes que conforman la isla Holbox.

En cuanto a la hidrología subterránea (formado generalmente por calizas de características variadas y depósitos de litoral), el acuífero de Quintana Roo tiene un espesor máximo del orden de 400 m. La porosidad y la permeabilidad primarias del acuífero dependen de su litología; sus valores son altos en los estratos constituidos por conchas de esqueletos y organismos, mientras que son bajos en los estratos de caliza masiva. A lo largo del tiempo, éstas características originales han sido modificadas por fracturamiento, disolución y abrasión, dando lugar a la porosidad y permeabilidad secundarias, que varían dentro de un amplio rango de valores altos; además de presentar una distribución espacial muy irregular tanto horizontal como verticalmente, a causa del errático curso y variado tamaño de los conductos.

El acuífero de la zona lo constituyen diferentes unidades hidrogeológicas en las cuales ocurren movimientos del agua subterránea. El fracturamiento que afecta a varias de las unidades hidrogeológicas juega un papel importante en el desarrollo y evolución de las expresiones del karst y en el movimiento del agua subterránea.

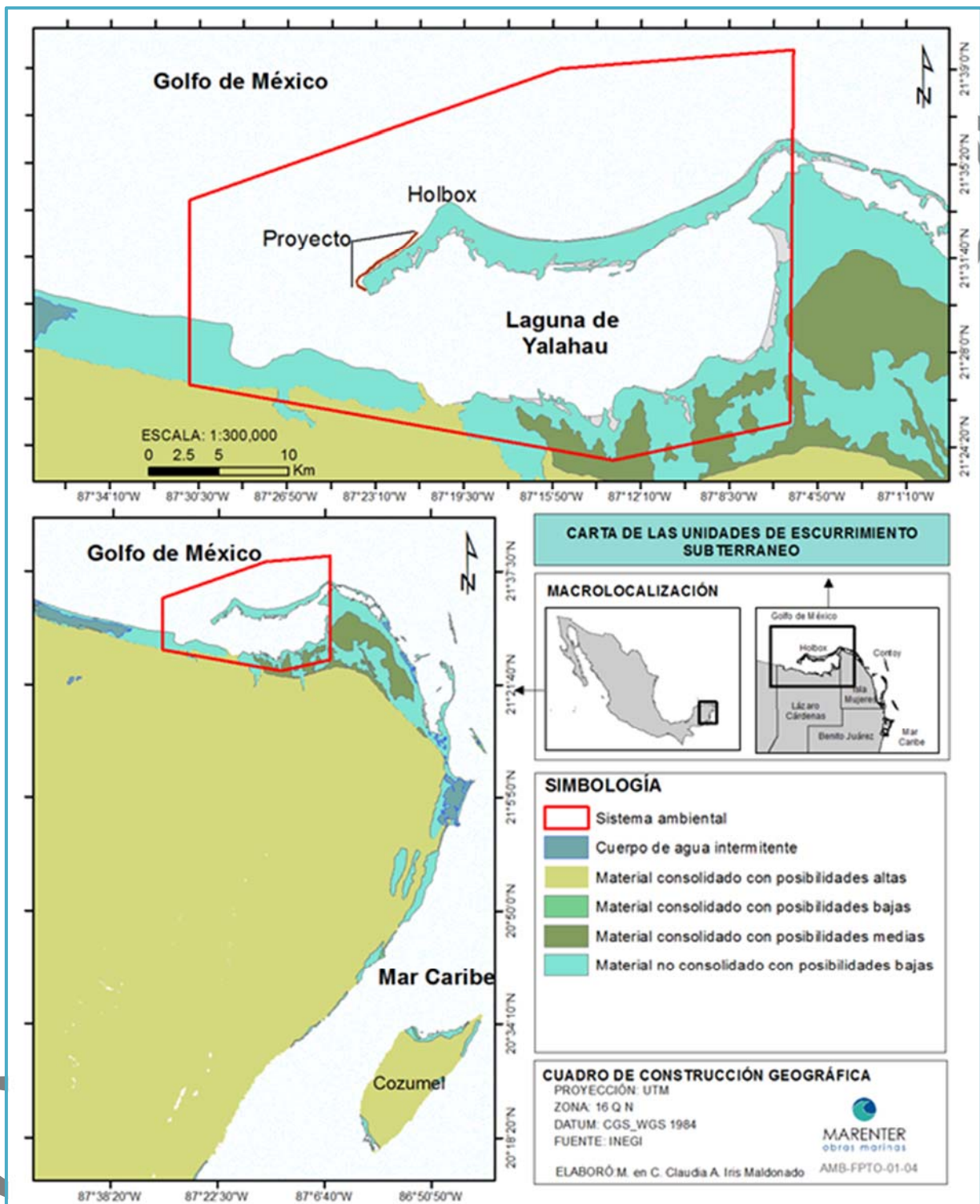


Figura IV_ 10. Mapa de Aguas Subterráneas del área de Estudio

El flujo subterráneo ocurre de las zonas de recarga hacia el litoral costero, que es el nivel base de descarga, estando fuertemente influenciado por el sistema de fracturamiento que

hace que las equipotenciales sufran distorsiones hacia el Noreste, reflejando los efectos de la cavernosidad del medio. Los gradientes con que ocurre el flujo subterráneo son muy pequeños.

La recarga que recibe el acuífero en un ciclo anual por precipitación pluvial en la zona, estimada por la fórmula de Coutagne, resultó del orden de $1.01 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{año}$. Para ello se identificó una zona de recarga mediante la configuración de la conductividad eléctrica en superficie (que se estima en $2,812 \text{ Km}^2$) y se consideró una lámina de recarga de 0.36 m , que es la diferencia entre la lámina de precipitación anual que ocurre en dicha área (del orden de $1,225 \text{ mm}$) y la lámina de evapotranspiración que es de 867.9 mm/año . Las entradas que por flujo subterráneo recibe la región en sus porciones Noreste y Suroeste no se pueden estimar debido a que se carece de la información adecuada.

La recarga del acuífero tiene lugar durante los meses de mayo a octubre y es originada principalmente por las lluvias de mayor intensidad. En general, la elevada precipitación pluvial, la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, favorecen la renovación del acuífero en toda la entidad. La recarga por unidad de área es más abundante en la llanura que en el área de lomeríos, porque en aquella es menos densa la cobertura vegetal, más delgado el horizonte arcilloso (sascab), llegando a desaparecer incluso en amplias zonas, y mayor el desarrollo cárstico superficial.

Como se mencionó con anterioridad el 80% de la precipitación pluvial se infiltra a través de las fisuras y oquedades de la losa calcárea, pero sólo una parte de ese gran volumen ingresa al acuífero: se estima que el 72.2% del agua infiltrada, unos $34,650 \text{ Mm}^3/\text{año}$, es retenida por las rocas que se encuentran arriba de la superficie freática y gradualmente extraída por la transpiración de las plantas; el otro 27.8% , unos $13,350 \text{ Mm}^3/\text{año}$, constituye la recarga efectiva del acuífero.

La circulación de agua en el subsuelo de la entidad es controlada por: a) la estructura geológica; b) la distribución espacial de la recarga y; c) la posición del nivel base de descarga. Partiendo de la porción Suroeste de la entidad, donde se origina el flujo, el agua circula hacia el Noreste y hacia el Este buscando su salida; a su paso por la llanura, parte importante del agua es extraída por la vegetación; el resto sigue su curso subterráneo hacia la costa y aflora en lagunas y áreas de inundación o escapa subterráneamente al mar.

Debido a la gran permeabilidad del acuífero, el movimiento del agua es inducido por un gradiente hidráulico sumamente pequeño, de 2 a 20 cm por Km ; en consecuencia, la carga hidráulica sobre el nivel del mar es menor que dos metros dentro de una faja de 10 a 50 Km de ancho a partir de la costa, de 10 a 20 m en la porción alta de la llanura y de 20 a 30 m en el borde Suroeste del estado. A escala regional no se han provocado cambios apreciables en las direcciones principales de flujo ni en la elevación de los niveles del agua, lo cual se debe, por una parte, a que el volumen de agua extraído del subsuelo es despreciable en comparación con la recarga, y por otra, a que los efectos del bombeo se propagan rápidamente.

En la Isla de Holbox se presenta el fenómeno de intrusión salina, debido a que el nivel estático se encuentra a poca profundidad (de 0.80 m a 1.5 m) donde el lente de agua dulce es muy delgado o prácticamente desaparece y como consecuencia se tiene “agua salobre”, la cual es producto de la mezcla del agua dulce con el agua de mar más profunda. La intrusión del agua del mar ocurre durante la época de secas ante la ausencia de la recarga del acuífero.

En el interior de los estratos del subsuelo, el agua escurre en concordancia con el gradiente hidráulico que se genera desde posiciones del Sur y del Oriente, que son las porciones más elevadas de la entidad, hacia las áreas más bajas en las inmediaciones de la costa, en especial de la occidental, entre Sisal y Celestún, aunque también existen flujos importantes hacia el litoral nororiental a partir de Dzilam Bravo, la zona de Holbox y la Costa oriental de Yucatán (**Figura IV_ 11**).



Figura IV_ 11. Dirección del Flujo del Agua Subterránea en la Península de Yucatán.

En la costa, el agua lluvia se infiltra rápidamente y la transmisibilidad de las rocas es rápida en un movimiento lateral, formando una lente de agua dulce sobre una masa de agua de características salobres. El lente de agua dulce es de espesor variable siendo muy somero en la costa e incrementándose hacia el continente. El manto de agua dulce tiene un espesor decreciente hacia las costas y cualquier extracción de agua para abastecimientos municipales o industriales pueden ocasionar la elevación irreversible de la interfase entre el agua dulce y el agua salada. La gran transmisividad de las rocas hace que se presenten muy pocos puntos hidrostáticos.

IV.3.1.4. Descripción general de zona marina

IV.3.1.4.1 Topobatimetría

Metodología

Para área del proyecto se realizó un modelo batimétrico y geomorfológico digital, el cual es el método tradicional para obtener modelaciones digitales en tercera dimensión en ecosistemas marinos, mediante elevamientos batimétricos directos en campo utilizando ecosondas y combinando la información obtenida con modelación por métodos geoestadísticos (Hogrefe *et. al.*, 2008). Esta aproximación requiere comúnmente de trabajo de campo intensivo y proporciona modelos tridimensionales con una resolución espacial horizontal media (se anexa la memoria topobatimétrica realizada por la empresa PROCOMAR).

Una vez que se definieron las zonas de estudio y se planteó la división en la etapa de planeación con base a las imágenes digitales y con la información recopilada debidamente analizada en gabinete. Se procedió a realizar el reconocimiento de la zona mediante recorridos de campo, empleando un sistema satelital de navegación GPS de tipo sub métrico o Sbas que no requieren de base GPS (navegador profesional de precisión de sub métrica < a 1.0 m), al cual se le precargaron todas las imágenes y bases digitales de AutoCAD (como fondos de pantalla y algunos detalles como la forma general de la playa, líneas de rompiente, las obras de protección, etc.).

Durante el recorrido se marcaron puntos denominados waypoints de los que se obtuvieron las coordenadas geográficas en UTM y se les asignaron atributos o notas descriptivas para poder contemplarlos durante el levantamiento de detalle y para su representación en planta, así mismo en este recorrido se ubicaron los siguientes elementos:

- Línea real de costa y área de playa.
- Área correspondiente a los muelles
- Límites de predios.
- Caminos y muelles adyacentes a la zona del proyecto.
- Área correspondiente a la batimetría general.
- Ubicación general de las mojoneras de control geodésico.
- Ubicación de los puntos de control local y de apoyo terrestre.

En la zona de playa se definió la línea base paralela al cordón litoral o línea de costa, con lo que se obtuvo la dirección de los transectos del frente marítimo. Se definió la ubicación de los puntos de control geodésico para apoyo del control altimétrico y horizontal, tanto de los trabajos topográficos como de los batimétricos. La ubicación se realizó con base a las cartas digitalizadas de la colectora portátil del GPS, donde se

tomaron coordenadas preliminares sobre detalles del terreno, a fin de iniciar la georreferencia de las imágenes con una precisión sub métrica (< a 1.00).

De esta manera se ubicaron los puntos de control que posteriormente se posicionaron con equipos GPS de doble banda en modo estático, debidamente ligados a la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), seleccionando las estaciones de Mérida y Chetumal, además de la estación mareográfica de la Secretaría de Marina (SEMAR) ubicada en la Isla de Cozumel a la cual se accedió para toma de referencias.

Tabla IV_ 2. Coordenadas de puntos de control geodésico.

PUNTO	EST	NORTE	LONGITUD	LATITU
MERI	227566.223	2322170.767	89° 37' 13.14324"W	20° 58' 48.16346"N
BN01	223371.516	2358042.624	89° 39' 59.11536"W	21° 18' 11.47822"N
1047	223554.342	2356154.821	89° 39' 51.67024"W	21° 17' 10.24046"N
MZFM	460708.204	2380324.762	87° 22' 45.86019"W	21° 31' 30.79363"N
HOHO	460497.294	2380092.233	87° 22' 53.17198"W	21° 31' 23.21377"N
PLAC1	462623.140	2381547.370	87° 21' 39.39254"W	21° 32' 10.70738"N
PLAC2	461959.063	2380969.106	87° 22' 02.43127"W	21° 31' 51.84859"N
PLAC3	458992.756	2378739.052	87° 23' 45.35177"W	21° 30' 39.07901"N

Tabla IV_ 3. Correcciones altimétricas de los puntos de control geodésico.

PUNTO	WGS84 (m)	GGM06 (m)	CORREC. TABLAS	ELEV-NBMI (m)
MERI	8.062	21.510	0.199	21.709
BN01	-7.216	6.900	0.199	7.099
1047	-11.426	2.648	0.199	2.847
MZFM	-11.039	1.916	0.199	2.115
HOHO	-4.884	8.266	0.199	8.465
PLAC1	-12.166	1.198	0.199	0.999
PLAC2	-11.886	1.471	0.199	1.272
PLAC3	-12.093	1.237	0.199	1.038

Con estas bases se procedió a realizar el mapeo cartográfico de precisión que involucra el levantamiento planimétrico, que se empleó para definir las zonas seguras de navegación (Figura IV_ 12).

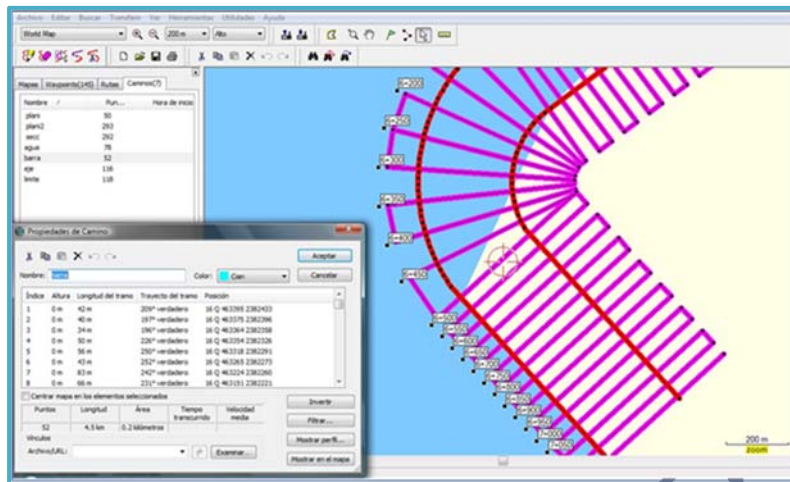


Figura IV_ 12. Transectos y áreas de mapeo.

Al concluirse el mapeo cartográfico y ubicarse todos los detalles topográficos a representar, se realizó la inspección física de las condiciones generales de la playa.

A partir de los puntos de control en la zona de playa, se levantaron las secciones transversales con intervalos de 25 metros en una franja que abarcó 50 metros de ancho de la zona de playa, a una profundidad de (-) 1 m, y hacia tierra según lo permitieron las condiciones topográficas y la existencia de vegetación cercana a la línea de playa.

Trabajo en gabinete

Para obtener las curvas batimétricas del frente marítimo se utilizó el programa Terramo del Surfer y Autodeskland, para la elaboración de los planos se utilizó el programa de diseño AutoCad (Figura IV_ 13).

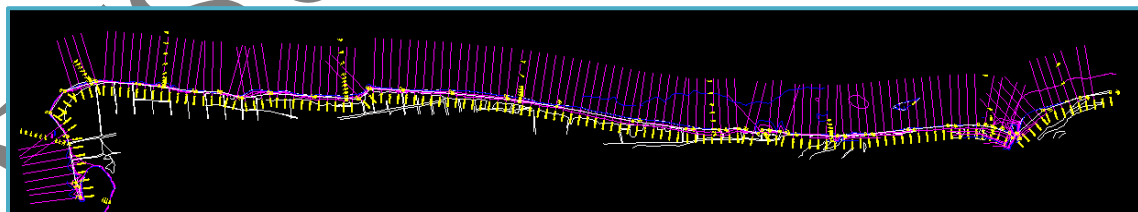


Figura IV_ 13. Procesamiento de datos de la topobatimetría procesada en la playa frente Isla Chica, Holbox.

La información del levantamiento topobatimétrico es importante en el proceso de diagnóstico, ya que brinda datos de precisión respecto de la forma actual en los diferentes estudios y en el proceso de diseño de soluciones, facilita el proceso de diseño y cuantificación de obra.

Perfil costero

La profundidad en la zona costera a una distancia de 500m frente a la Isla Chica, Holbox, es muy somera debido a la gran sedimentación en la zona. La Zona Centro y Noreste presentan un mismo perfil con una profundidad de hasta -1.75 m, mientras que la Zona Suroeste presenta una profundidad hasta de -2.25 (Figura IV_ 14, Figura IV_ 15, Figura IV_ 16).

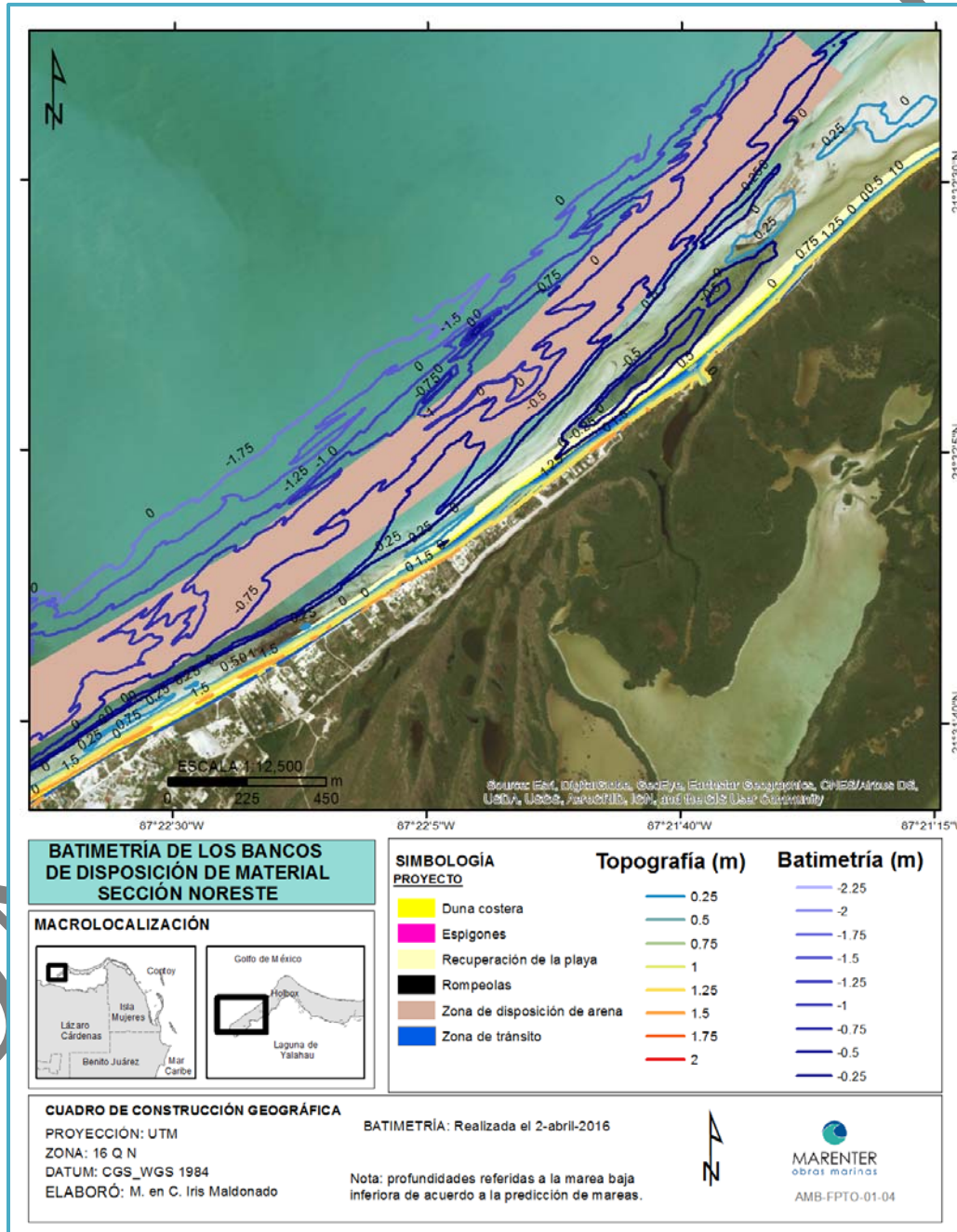


Figura IV_ 14. Batimetría de la Zona Noreste del proyecto.

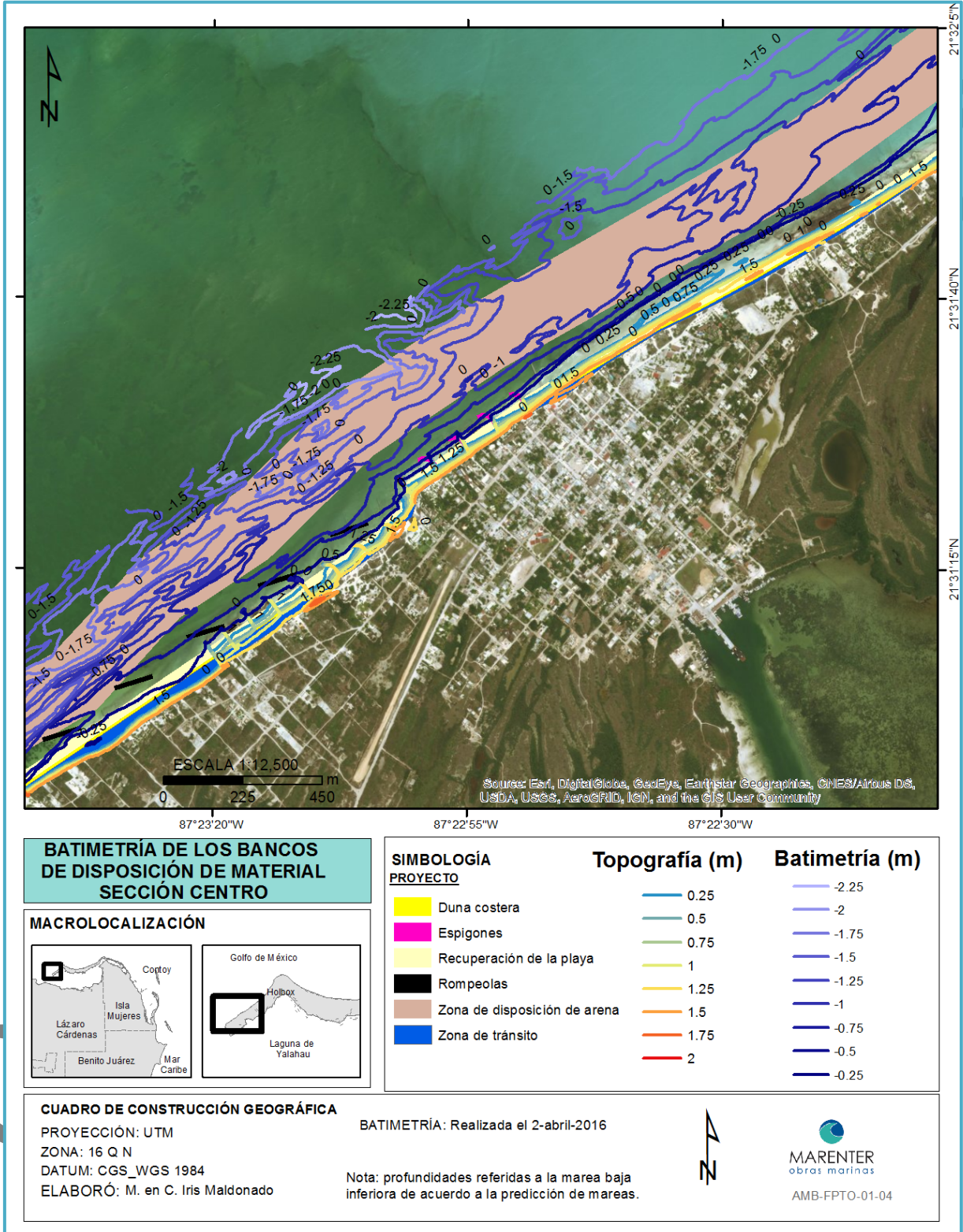


Figura IV_ 15. Batimetría de la Zona Centro del proyecto.

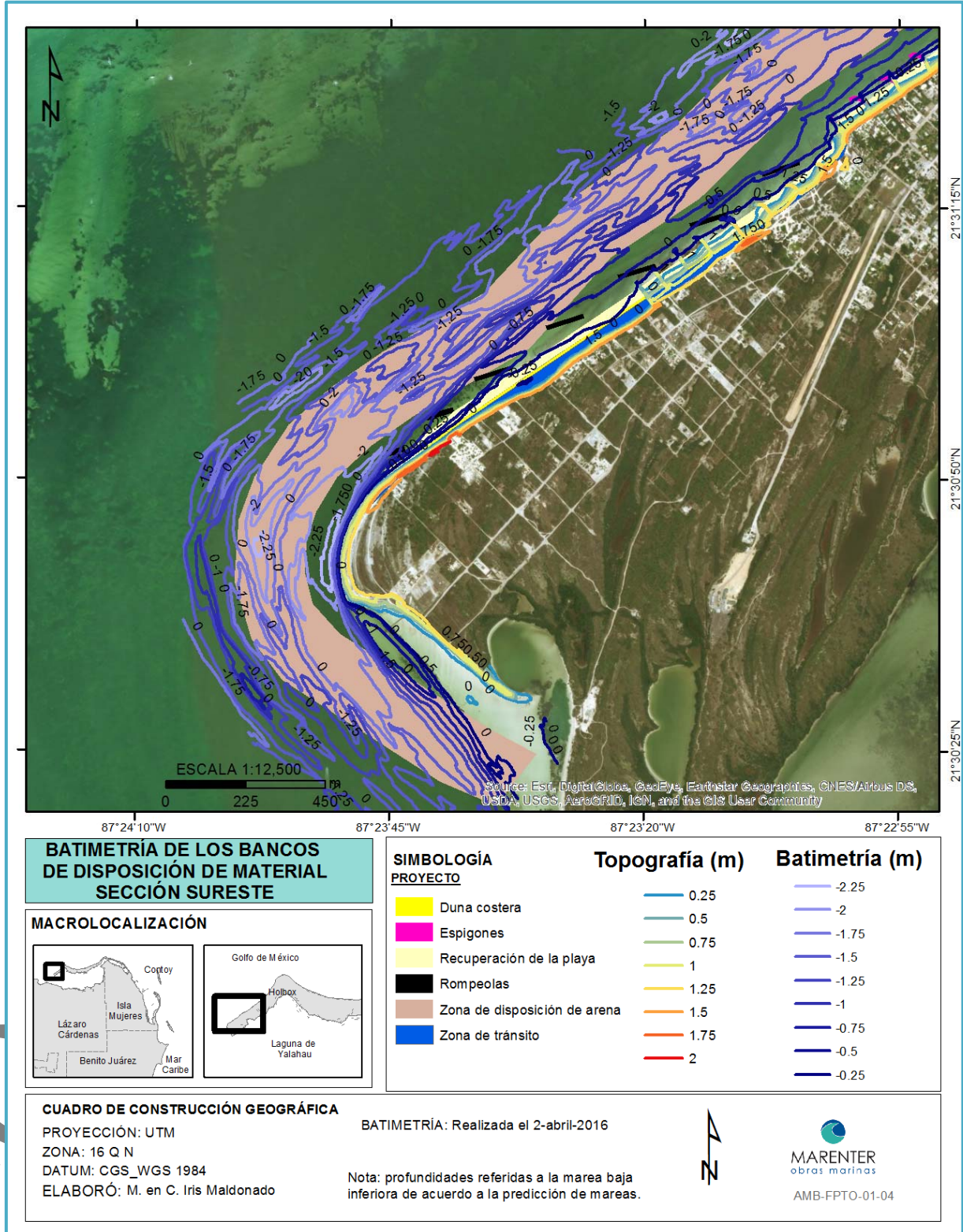


Figura IV_16. Batimetría de la Zona Suroeste del proyecto.

IV.3.1.4.2 Sedimento

Análisis del sedimento

Los muestreos de sedimentos se realizaron a lo largo de la zona de estudio, en tres secciones transversales y nueve puntos ubicados a diferentes alturas de la playa, específicamente en la duna, berma y zona de rompientes. Los sitios de muestreo fueron los siguientes:

- El primero fue en la vecindad del hotel Las Nubes y representa la configuración típica de la zona NE donde la duna es apenas visible por ser la zona seca donde se ubica el mangle, la berma es muy corta y se encuentran relictos de mangle. La zona de rompientes es en realidad parte de la configuración de una barra longitudinal (**Figura IV_ 17**).
- El segundo se llevó a cabo a un costado del muelle público de madera que se ubica en la zona Centro. Es importante señalar que el sedimento se encuentra confinado entre dos espigones donde la duna es discontinua y presenta ligera cobertura de vegetación, la berma es amplia y más alta que en la zona NE y la zona de rompientes es amplia (**Figura IV_ 17**).
- El tercero se realizó en la zona erosionada que se ubica en la zona SW donde la duna es la costa erosionada bien definida por el escalón que se forma debido a la erosión, la berma es muy corta y se encuentran escombros de infraestructura rústica para controlar la erosión. La zona de rompientes es una zona bien definida donde se aprecia una gran cantidad de sedimento (**Figura IV_ 17**).

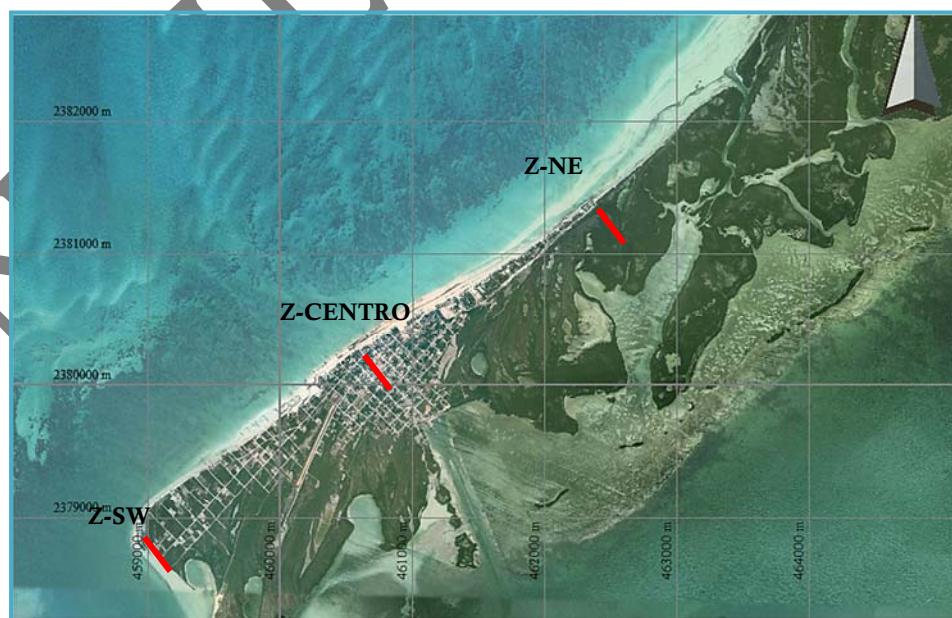


Figura IV_ 17. Ubicación de los sitios de muestreo de sedimento.

Las muestras de sedimento que se tomaron en la cantidad necesaria para su análisis, se enviaron a un laboratorio de mecánica de suelos, donde se obtuvieron curvas granulométricas de las que se consiguieron los diámetros representativos (D10, D30, D50, D90, Dm, etc.). Las muestras obtenidas se clasificaron tomando como base el criterio del SUCS.



Figura IV_ 18. Muestreo en diferentes zonas del proyecto.

De acuerdo con los resultados de los análisis de laboratorio mediante el método Antón Lizardo, las densidades del material varía de 2,67 a 2,78 grs/cm³ (Tabla IV_ 4), y cuyo peso específico de las muestras varía de 1025 a 1384 kg/m³ (Tabla IV_ 5).

Tabla IV_ 4. Densidad de las muestras en Holbox.

Sección	Duna (g/cm ³)	Estrán (g/cm ³)	Rompientes
Noreste	2.69	2.77	2.77
Centro	2.76	2.74	2.78
Suroeste	2.75	2.67	2.58

Tabla IV_ 5. Peso específico de las muestras en Holbox.

Sección	Duna (kg/m ³)	Estrán (kg/m ³)	Rompientes (kg/m ³)
Noreste	1,250	1,200	1,025
Centro	2,762	2,744	2,778
Suroeste	1,312	1,187	1,091

Los diámetros medios que caracterizan la zona de estudio son muy similares entre sí para la zona NE y Centro que corresponde a arena fina; siendo mayores en la duna y menores en la zona de rompientes (Tabla IV_ 6). Por otro lado, en la zona SW, donde se ubica la erosión el diámetro del sedimento corresponde a arena media. La clasificación de los sedimentos indica que se trata de arena mal graduada para casi todas

las secciones y muestras; excepto para las muestras que se ubican en la zona de rompientes, donde se realiza el transporte de sedimentos, que corresponden a arena pobremente graduada con limo.

Tabla IV_ 6. Diámetros Representativos (mm) y Clasificación en Base al S. U. C. S.

Sección	Muestra	D10	D30	D50	D90	Clasificación
Noreste	D	0.096	0.155	0.192	0.545	SP
	E	0.082	0.104	0.131	0.535	SP
	R	-	0.97	0.127	0.230	SP-SM
Centro	D	0.087	0.121	0.164	0.628	SP
	E	0.084	0.107	0.135	0.277	SP
	R	0.076	0.090	0.106	0.147	SP-SM
Suroeste	D	0.169	0.426	0.573	0.970	SP
	E	0.153	0.217	0.486	1.006	SP
	R	-	0.088	0.104	0.146	SP-SM

Por lo anterior se puede establecer que existe una composición homogénea en el perfil de las playas en la Zona Noreste y Centro, caracterizadas por arena fina, mientras que en la Zona Suroeste (donde se ubica la mayor erosión) la playa baja no es muy homogénea debido a que esta zona está compuesta de arena fina y la playa alta, producto de la erosión la compone arena media. Es importante señalar que el material de la zona de rompientes tiene la misma clasificación en todos los puntos de muestreo, lo que referencia un mismo origen

Granulometría

Con la finalidad de conocer el tamaño de grano de la zona de disposición de arena y compararla con la de la playa, se tomaron muestras de diez sitios en la playa seca y en la zona marina con un peso de 1 Kg cada una, las cuales fueron analizadas por la empresa "Laboratorio y control de obras". Los resultados del laboratorio de adjuntan al presente documento.

Las muestras de arena presentaron un tamaño de grano de 0.075 a 4.76 mm. Estuvieron conformadas en su mayoría por arena fina con tamaño de partícula de 0.150 mm. La **Figura IV_ 19** muestra los resultados del estudio con los porcentajes de arena filtrada en función de las diferentes medidas de amplitud de malla del tamiz.

En las todas las muestras la apertura de malla del tamiz del número 100 fue aquel que capturó el mayor porcentaje de arena, con un promedio del 46%, mientras que la malla del N° 40 (0.425 mm) capturó menos del 2 %. Con estos resultados se concluye que existe una similitud en cuanto a composición, origen y tamaño de grano entre la arena colectada en los sitios de disposición y la de la playa del proyecto.

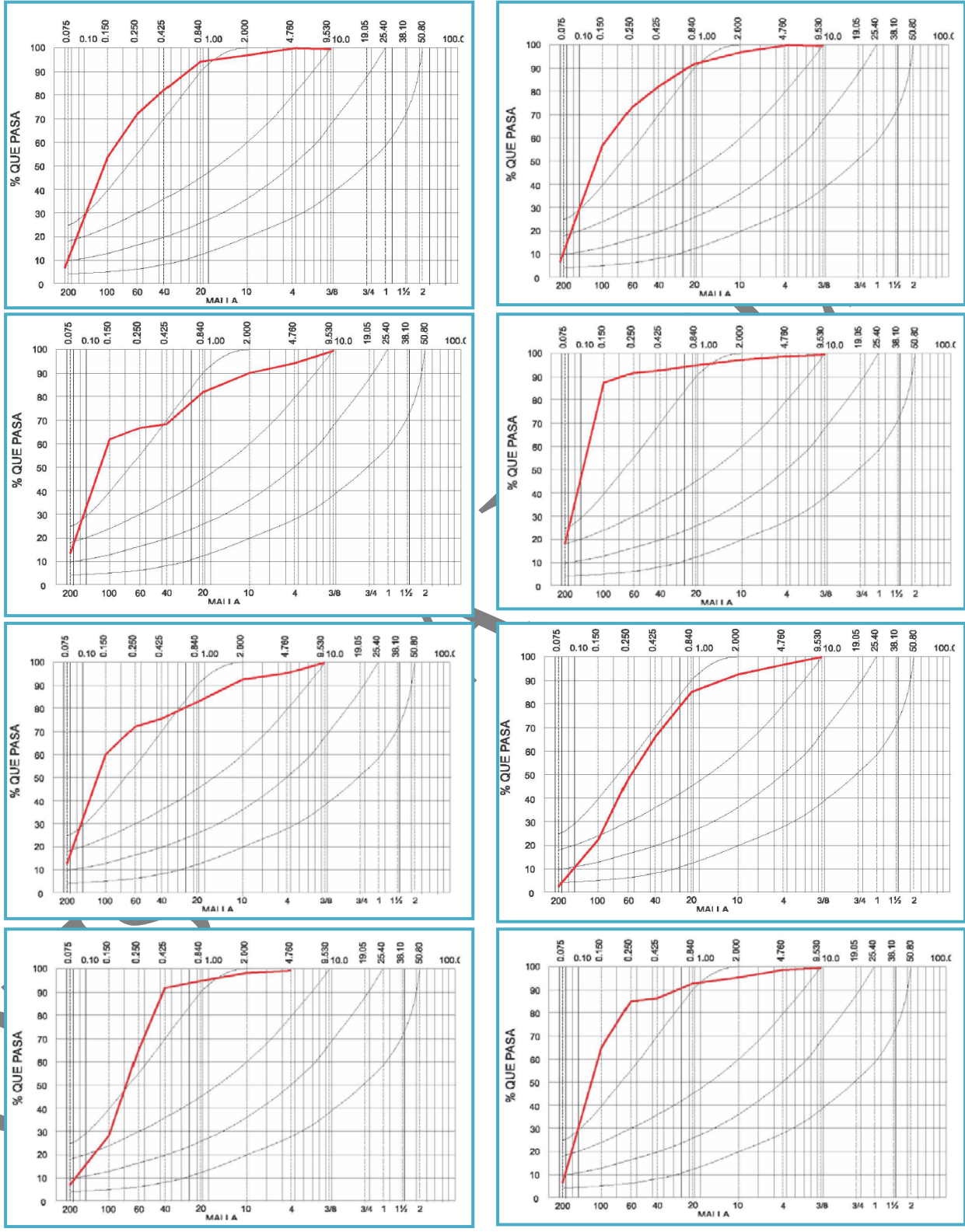


Figura IV_ 19. Análisis de la granulometría de las muestras de arena

El análisis demuestra que la arena carece de organismos asociados y que es compatible, ya que es similar en cuanto a su composición, origen y tamaño de grano, por lo tanto, la arena disponible en las zonas de acumulación muestreadas es apropiada para el proyecto.

IV.3.1.4.3 Corrientes marinas y costeras

La región tropical presenta dos cinturones orientados según la dirección este-oeste a ambos lados del Ecuador, donde el viento es marcadamente constante y moderadamente intenso (región de los vientos alisios). En el hemisferio norte soplan del noreste y el hemisferio sur del sureste.

El esfuerzo que estos vientos alisios ejercen sobre la superficie de las aguas oceánicas genera las grandes corrientes ecuatoriales que fluyen de este a oeste y que se conocen como flujos zonales, o sea a lo largo de los paralelos de latitud. La gran masa de agua que transporta la corriente ecuatorial del norte, al norte del Ecuador desde el continente Africano al continente Americano, al encontrarse con este último tuerce a ambos lados, norte y sur.

El flujo hacia el norte origina la corriente del Caribe, que es el aspecto dominante del sistema arrecifal de corrientes en el mar Caribe; penetra desde el sureste de este mar y fluye en la dirección del estrecho de Yucatán. A ambos lados de la corriente del Caribe existen contracorrientes y giros o vórtices de direcciones y velocidades variables. La rama principal de la corriente del Caribe pasa sobre la punta este del banco Mosquito y sobre el banco Rosalinda a una velocidad de 1-2 nudos.

En el canal de Yucatán el eje de la corriente está ubicado en el costado oeste alcanzando velocidades de 3-4 nudos. En el estrecho de Yucatán existe una banda angosta de una corriente rápida hacia el norte, 100-300 cm/s (1.8 a 3.6 nudos) cerca del talud del costado oeste del canal, mientras que en el borde oriental se encuentra un flujo hacia el sur hasta una profundidad de 600 m. El agua que penetra a través del estrecho de Yucatán establece una circulación intensa en el Golfo de México. Se han realizado observaciones en el área de Yucatán que muestran una variación anual en la velocidad de la corriente en el estrecho que va desde 65 km/día de mayo a julio hasta 36 km/día en noviembre. El núcleo del flujo en su máxima intensidad tiende a mantenerse sobre la isóbata de los 180 m. a lo largo de la costa oriental de Yucatán, desplazándose hacia el Este cuando la corriente se debilita.

En la circulación de la región occidental del Golfo, es muy probable que parte del flujo de la corriente de Yucatán se desprenda y fluya a lo largo del borde norte de la plataforma continental de la Península con un débil intercambio de agua con la existente en la sonda de Campeche. Las corrientes dominantes en el sitio son dirección Este – Oeste, originadas por la corriente del Golfo a su paso por el canal de Yucatán, con velocidad de 10 a 50 cm/seg, de acuerdo a la época del año (**Figura IV_ 20**). Dicha

corriente ocasiona un proceso de transporte y deposición litoral a lo largo de la playa; efecto contrario al de los “nortes”, que tienden a erosionar la línea costera.

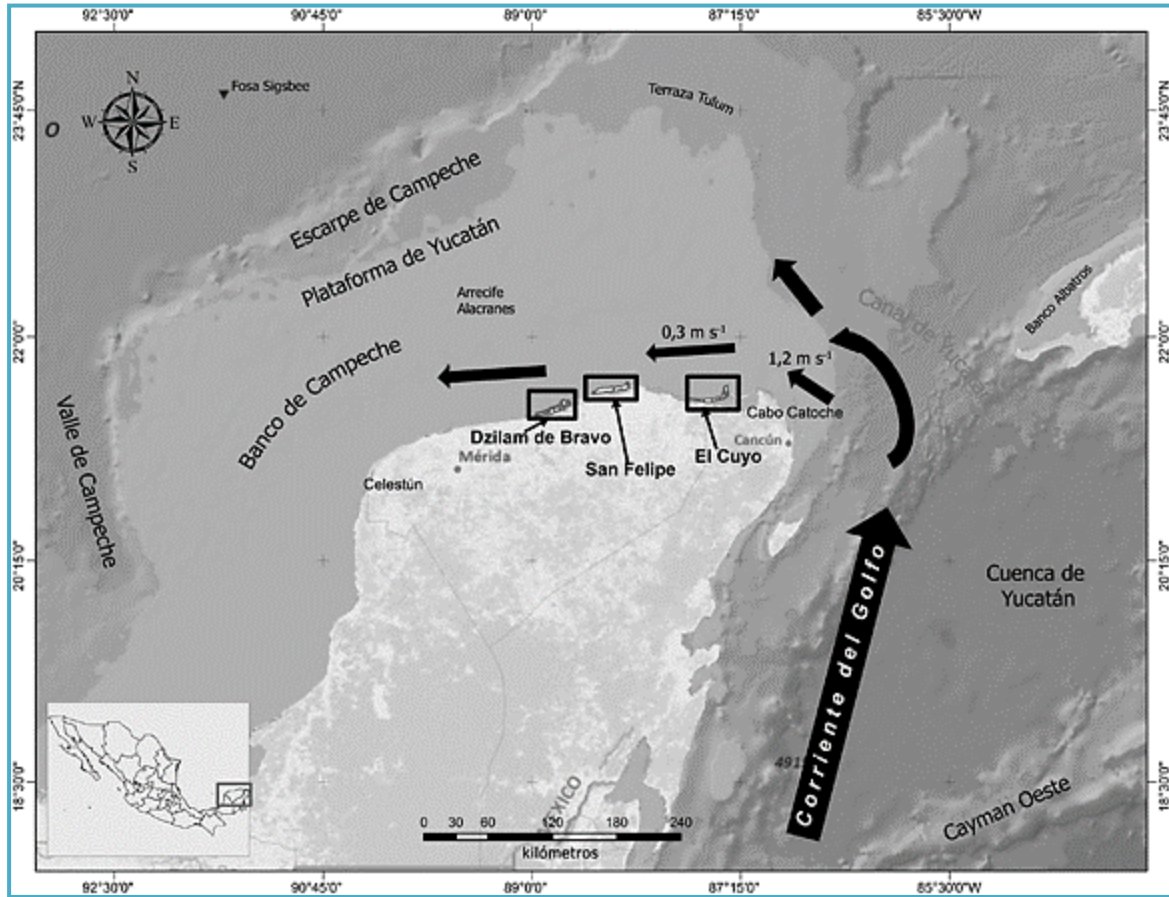


Figura IV_ 20. Flujo de corrientes marinas superficiales dominantes en la región de la Península de Yucatán.

Esta situación provoca un transporte de sedimentos en el mismo sentido como resultado del oleaje hacia el oeste a lo largo de la costa norte de la Península de Yucatán. Dada la conformación de esta costa, existen segmentos de litoral con marcados cambios de orientación respecto al margen costero general, formando playas protegidas que se sugiere tienen una incidencia distinta del oleaje sobre su litoral respecto al resto de la costa yucateca, con una velocidad de transporte sedimentaria reducida. De acuerdo con Salles *et. al.*, 2013, debido a la conformación de dicha costa y el transporte litoral hacia el oeste, se presentan secciones de erosión, depositación de sedimentos y estabilidad (Figura IV_ 21).

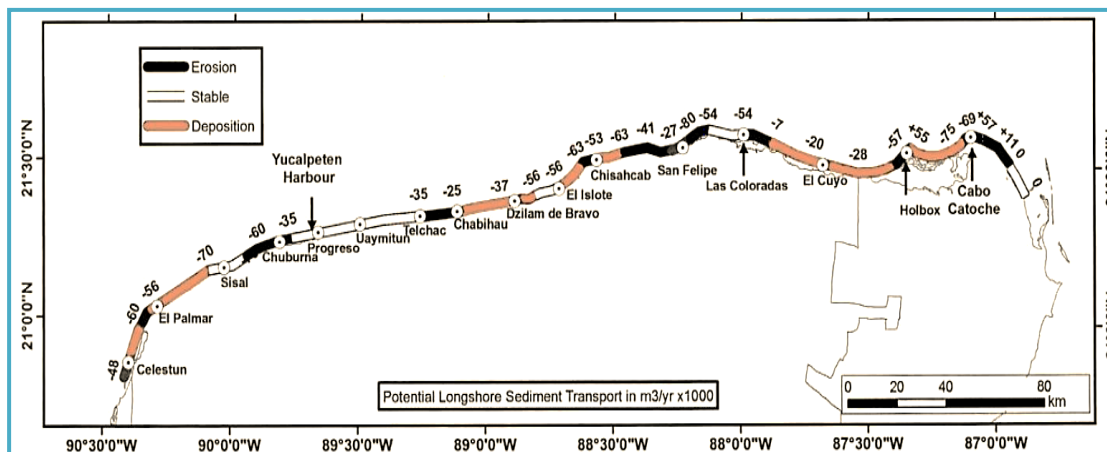


Figura IV_ 21. Potencial de transporte de sedimentos ($m^3/año \times 1000$) en la costa norte de la Península de Yucatán (Appendini *et al.* 2012).

IV.3.1.4.4 Transporte de litoral

El transporte litoral es el movimiento del material sedimentario en la zona litoral, producido por olas y corrientes. Su estudio es importante cuando se trata de comprender el comportamiento físico de una playa o de resolver algún problema de ingeniería presentado en el área costera. El transporte de sedimento más importante se presenta en la zona de rompientes donde las partículas son puestas en suspensión por la rotura del oleaje y luego transportadas por la corriente.

Según su tipo, el transporte litoral puede ser analizado en dos componentes, siendo estos en forma perpendicular a la playa o bien de forma longitudinal. El transporte en ambas direcciones difiere principalmente en la escala temporal, es decir, mientras que el transporte hacia afuera es más simple y rápido, el acarreo hacia la playa se produce en paquetes individuales de arena que generan ondulaciones en el fondo, lo que causa a su vez un muy lento ensanchamiento de la playa seca.

Aunque los dos modos de transporte mencionados anteriormente se llevan a cabo en presencia de corrientes, el motor principal del movimiento es el oleaje. Sin embargo, en condiciones de oleaje moderado, en el fondo tienden a formarse rizos y en los valles de dichos rizos se generan vórtices que levantan nubes de sedimento que son fácilmente removidas. Cuando el oleaje es más fuerte, el fondo adquiere una configuración plana y el sedimento es acarreado por un flujo casi laminar.

La zona costera al norte de la península conforma una planicie que comprende desde las localidades de Celestún en el oeste, a Cabo Catoche al este, y se caracteriza por ser una franja estrecha de depósitos marinos recientes de origen carbonatado biogénico y un litoral de acumulación.

Por su parte, en la zona marina de la costa norte de la Península de Yucatán, existen campos conspicuos de depósitos sedimentarios que forman dunas submarinas bien

estructuradas y sobresalientes en el litoral, aledaños a los puertos de Dzilam de Bravo, San Felipe y El Cuyo.

Este último, se localiza frente a la isla de Holbox (**Figura IV_ 22, Figura IV_ 23**). El depósito sedimentario que conforma el campo de dunas presenta una gran extensión con dunas interconectadas entre sí y el espesor del depósito sedimentario disminuyendo hacia el norte a medida que se incrementa la profundidad. La altura promedio de las dunas es de $0.59 (\pm 0.18, n=26)$ (Cuevas *et. al.*, 2013).

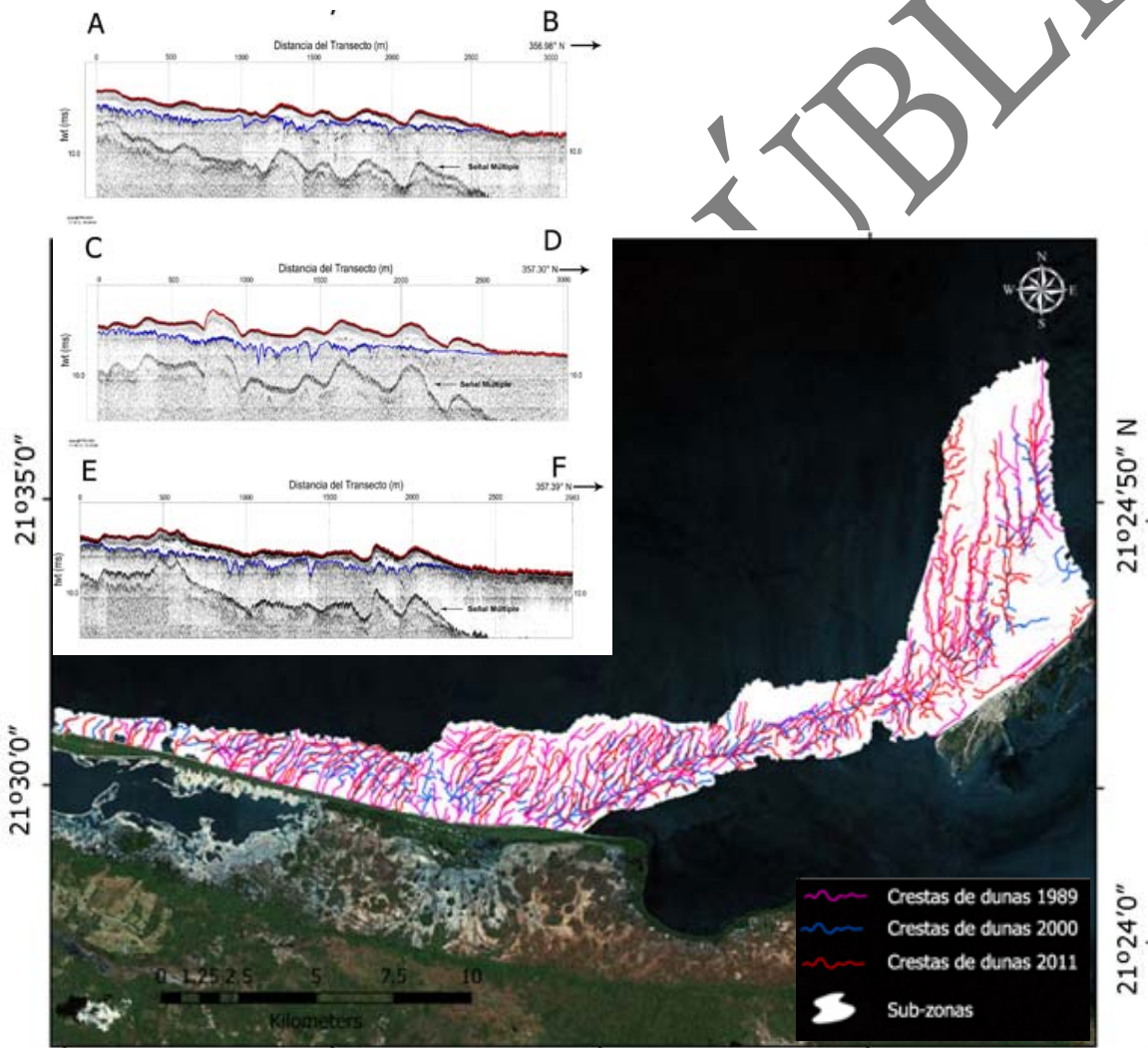


Figura IV_ 22. Disposición del campo de dunas submarinas frente a la Isla de Holbox (Quintana Roo) y El Cuyo (Yucatán). A la derecha se muestra la imagen del perfil sísmológico de los transectos en los barridos. La línea roja señala el fondo marino y la línea azul el subfondo consolidado.



Figura IV_ 23. Transporte de arena en Isla Holbox.

Ante los problemas erosivos en la zona, este banco de arena tendría el potencial de ser una fuente de sedimento para las playas degradadas; sin embargo, es necesario caracterizar y evaluar de manera crítica la función ecológica de este bajo tanto para las comunidades bentónicas y demersales que lo habitan, como para los asentamientos humanos en la región, antes de cualquier intervención (Cuevas *et. al.*, 2013).

Análisis del transporte

Para observar el transporte de litoral se procedió al estudio del mismo de una forma cualitativa utilizando imágenes satelitales y ortofotos georreferenciadas. Además, se utilizó información sobre geomorfología marina e información de la dinámica costera. Dichas imágenes fueron montadas sobre un Sistema de Información Geográfica para realizar una percepción adecuada y un análisis de la dinámica costera (Figura IV_ 24).

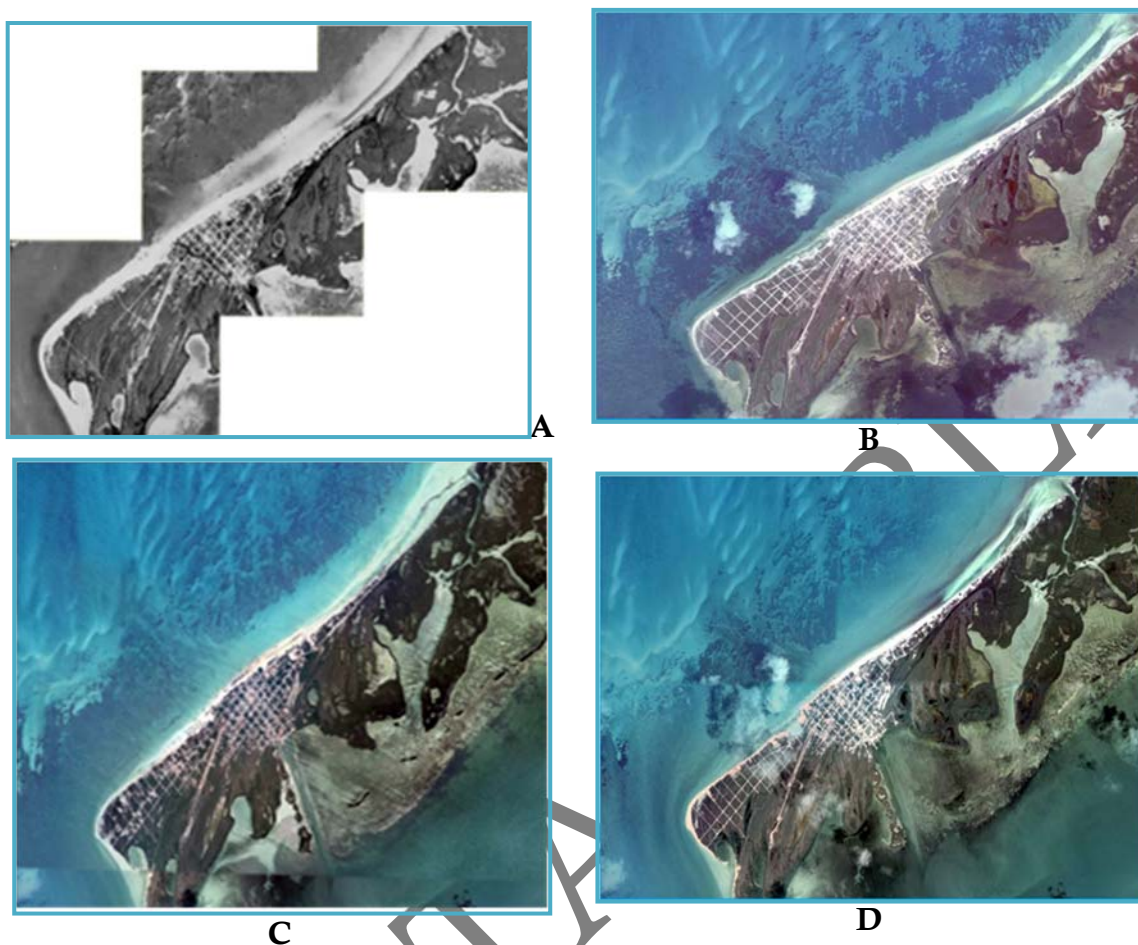


Figura IV_ 24. Imágenes satelitales y ortofoto, geo referenciadas a lo largo del tiempo del sitio del proyecto. A) Ortofoto Digital de INEGI con clave F16C28f y escala 1:20,000 de Enero de 1978, B) Imagen Satelital de Marzo de 2005, C) Imagen Satelital de Marzo de 2009, D) Imagen Satelital de Julio de 2003.

Se digitalizaron las líneas de costa de cada una de las imágenes satelitales para hacer una comparación de la evolución de la línea de costa a lo largo del tiempo (de todos los años disponibles, sobre las cuales fueron montadas las imágenes del Google Earth del año 2009) y así tener una mejor percepción en el análisis (**Figura IV_ 25**). De acuerdo al Manual 1110-2-1810 Coastal Geology, del U. S. Army Corps of Engineers, el método más adecuado para definir el trazado de la línea de costa es utilizar la Línea de Alta Marea o High Water Line (HWL), la cual se define como la línea más alta de marea alcanzada en pleamar, pudiéndose reconocer en las fotografías aéreas por el cambio de color o sombra en la arena de la playa.



Figura IV_ 25. Digitalización de las líneas de costa de la isla Holbox.

Con un análisis de la dinámica litoral, por medio de la comparación de imágenes satelitales, y considerando los estudios oceanográficos, así como la geomorfología costera, se colocaron las celdas las cuales representan la zona donde se presenta el transporte de sedimento y que influye en el área de estudio.

Se ubicaron y colocaron nueve celdas a lo largo de la línea de costa. Seguidamente, se realizó el análisis de las posibles entradas y salidas de sedimentos en cada celda, las cuales se indican por medio de flechas. Este análisis considera todos los ingresos y egresos a cada celda, los cuales se identificaron observando y analizando las formas costeras, los perfiles playeros, los afluentes cercanos, la geomorfología marina y la dinámica litoral principalmente.

A través de lo anterior, se obtuvieron resultados que indican las zonas costeras de Isla Chica de Holbox en donde se presenta la erosión de la costa, el equilibrio de la misma y la acumulación de sedimentos (**Figura IV_ 26**). Las celdas de color rojo representan una pérdida de sedimentos, es decir, la playa se está erosionando. Por el contrario, las celdas de color verde indican una ganancia de sedimentos, por lo que existe azolvamiento en esa parte de la playa. Finalmente, las celdas de color azul indican un equilibrio en la línea de costa de esa zona durante el periodo analizado, es decir, el cambio de la línea de costa no es considerable. Como se observa en la **Figura IV_ 26**, la zona donde se da una acumulación de sedimento o arena es aquella en la cual el presente proyecto pretende desarrollarse.

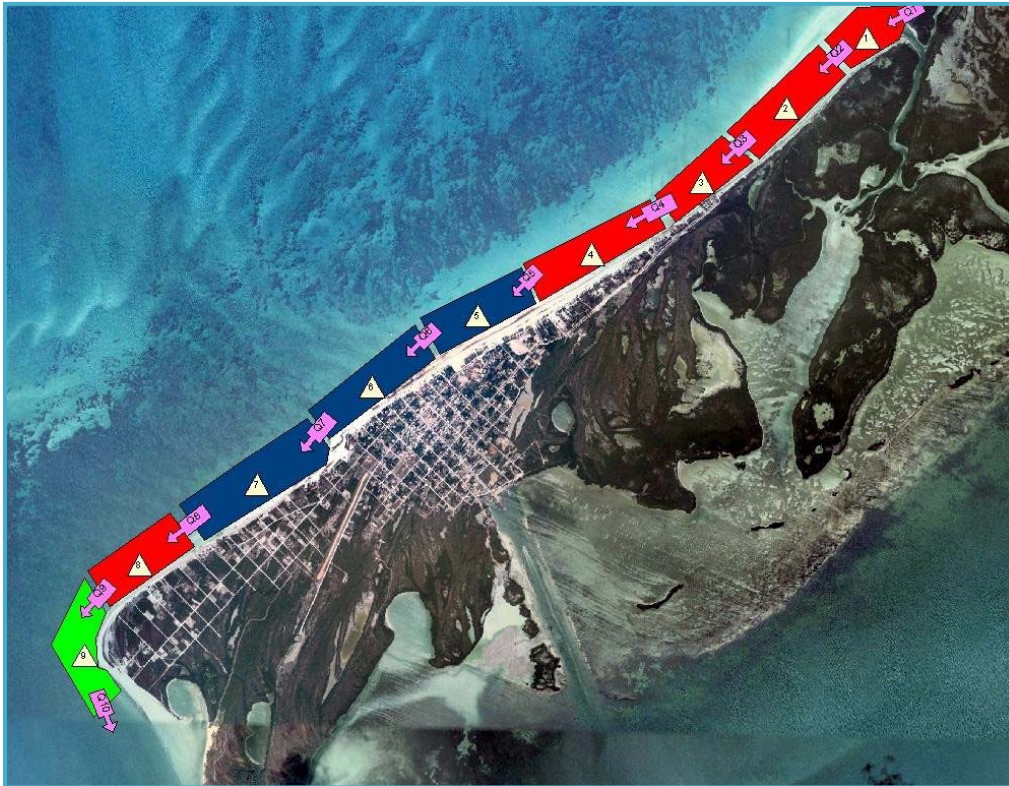


Figura IV_ 26. Balance Cualitativo del Transporte Litoral de la costa de Holbox, Quintana Roo.

Balance cuantitativo de transporte litoral

El transporte de sedimentos o acarreo litoral es el fenómeno que se lleva a cabo en una playa, por medio del cual las partículas sólidas de que está compuesta se transportan a lo largo de ella; se sabe que el arrastre de sólidos se produce principalmente entre la línea de playa y la zona de rompientes, aunque también fuera de ésta existe transporte. El transporte litoral producido por el oleaje a lo largo de la costa, es uno de los factores determinantes que influyen en la orientación de las obras de protección, entrada y canal de acceso a los puertos o zonas protegidas.

De esta forma se hace una distinción entre dos modos de transporte de sedimentos: transporte de sedimentos en suspensión, en el que los sedimentos son transportados por los remolinos que se generan al romper el oleaje, y el transporte de sedimentos de carga de fondo, en el que la arena se mantiene cerca del fondo y se desplaza por rodadura o saltos. Si bien esta distinción puede hacerse conceptualmente, para fines de cálculo se integran los dos tipos de transporte.

El cálculo para estimar capacidades de transporte litoral por oleaje se obtiene a través de la aplicación de fórmulas semi-empíricas y su aproximación depende de la disponibilidad de sedimentos aportados por las corrientes. Los resultados obtenidos mediante las formulaciones matemáticas descritas en el método CERC para obtener el

transporte litoral bajo condiciones de oleaje normal, en ambos sitios se presentan en las siguientes tablas. Permitiendo estimar el POTENCIAL DE TRANSPORTE longitudinal sobre la costa a través del principal motor del movimiento que es el oleaje.

De acuerdo con la orientación de la línea de costa, de forma simplificada se pueden establecer 3 zonas en las cuales la tasa del potencial del transporte es diferente:

- La primera zona corresponde a la zona NE de Holbox, que se distingue por que es la zona menos poblada y abarca de la boca del río Kuká al Hotel Villa Flamingos (**Tabla IV_ 7**).
- La segunda zona corresponde a la zona Centro de Holbox, que se distingue por que es la zona donde se concentra la población y abarca de la boca del Hotel Villa Flamingos al último espigón de la primera batería (
- **Tabla IV_ 8**).
- La tercera zona SW de Holbox, que abarca del último espigón de la primera batería hasta la margen de la boca de la laguna Yalahau (**Tabla IV_ 9**).

La energía del oleaje genera un transporte litoral para casi toda la gama de direcciones de incidencia en dirección SW (**Figura IV_ 27**). Con base en los análisis y métodos de cálculo empleado, el potencial de transporte en la zona NE es de 54,906 m³/año, en la zona Centro es de 48,961 m³/ año y en la zona SW es de 70,040 m³/año. Para tener un dato de referencia, Appendini (Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros UNAM 2012), estima -57,000 m³/año para Holbox. La forma en que incide el oleaje genera que el potencial de transporte disminuya ~10% en la zona centro y se incremente nuevamente en la zona SW ~43%.

Para que el potencial de transporte se convierta en transporte es necesario que exista material disponible para ser transportado, con base en los diferentes estudios se puede establecer que existe en la actualidad una fuente disponible de sedimento que cruza por el frente del delta del río Kuká, pero que no llega a la playa de la zona NE, este pasa a unos

200 a 400 m de la costa donde rompe el oleaje, debido a la presencia de una barra sumergida; el material si llega a la playa en la zona Centro y SW, debido a que la zona de rompientes se encuentra a una distancia menor de la costa. En estas dos zonas el material transportable se desplaza a tasas diferentes debido a la inclinación de la playa respecto al ángulo con que incide el oleaje.

Tabla IV_ 7. Potencial de transporte en la zona NE de Holbox.

Incidencia	% ocurrencia	hb	ab	Transporte m ³ /día	Transporte m ³ /año
NNW a NNE	15	0.25	5	-102	-5,573
NE a NEE	16	0.15	30	-141	-8,267
E a SE	69	0.15	43	-163	-41,066
Total (al SW)					-54,906

Tabla IV_ 8. Potencial de transporte en la zona Centro de Holbox.

Incidencia	% ocurrencia	hb	ab	Transporte m ³ /día	Transporte m ³ /año
NNW a NNE	15	0.25	4	-81	-4,441
NE a NEE	16	0.15	31	-143	-8,380
E a SE	69	0.15	31	-143	-36,140
Total (al SW)					-48,961

Tabla IV_ 9. Potencial de transporte en la zona Suroeste de Holbox.

Incidencia	% ocurrencia	hb	ab	Transporte m ³ /día	Transporte m ³ /año
NNW a NNE	15	0.25	13	-288	-15,818
NE a NEE	16	0.15	36	-175	-10,207
E a SE	69	0.15	36	-175	-44,019
Total (al SW)					-70,044



Figura IV_ 27. Resultados del potencial de transporte por el método del CERC en la Isla Chica, Holbox.

Dinámica en la zona de rompientes

La zona de rompientes constituye el ámbito espacial de mayor interés en lo que a estabilidad y evolución de una playa se refiere. En esta zona, la rotura del oleaje pone en suspensión gran cantidad de sedimento que, de este modo, es susceptible de ser transportado por las corrientes existentes. Las corrientes más importantes de la zona de rompientes son las generadas por la propia rotura del oleaje tanto en sentido transversal (corrientes de resaca y de retorno) como en sentido longitudinal. Este tipo de corrientes pueden ser estudiadas hoy en día con un grado de aproximación elevado por medio de modelos numéricos. (SMC).

Añadidas a estas corrientes se encuentra un conjunto de ondas y oscilaciones cuya importancia en la generación de formas características de playas, tales como barras, barras crescéntricas, “cusps” es hoy en día admitida. Estas ondas, entre las que se encuentran las ondas infragravitatorias, las ondas subarmónicas y las ondas de cizalla están siendo objeto de un importante esfuerzo científico, por lo que es previsible que en un breve plazo de tiempo se disponga de formulaciones y de datos suficientes para que puedan ser incluidas en el diseño de las obras de regeneración de playas. Hoy en día la importancia relativa de este tipo de oscilaciones puede ser inferida a través del análisis de los estados morfodinámicos de la playa.

Cuando el oleaje se propaga en profundidades decrecientes, su longitud de onda disminuye porque el peralte aumenta. Cuando se alcanza una determinada relación entre el peralte, profundidad y pendiente de fondo, definida por un Criterio de Rotura, la ola se vuelve inestable y rompe. El tipo de rotura del oleaje depende del peralte del mismo y de la pendiente del fondo. El número de Iribarren Ir (o Parámetro de Similitud de Rompiente) es un parámetro ampliamente aceptado como controlado del tipo de rotura. De acuerdo con el análisis, el tipo de rompiente en la zona de estudio es del tipo Descrestamiento (Spilling) al obtener un número de Iribarren menor a 0.4.

Al analizar este tipo de rompientes en Holbox, se pudo establecer que cuando el oleaje se aproxima a la playa, disipa su energía de forma muy gradual, denominado el tipo de rompiente como descrestamiento. Este tipo de rotura al incidir el oleaje de forma oblicua, transforma eficientemente la energía del movimiento oscilatorio creando corrientes longitudinales. El movimiento oscilatorio en la zona de rompientes genera el transporte de fondo y suspendido bien marcado en la dirección de incidencia del oleaje, mientras que el ascenso y descenso del oleaje, principal agente alimentador de la zona alta de la playa es mínimo. Por otro lado, ese tipo de playas no presentan flujos y formas rítmicas del fondo.

Los factores que afectan la estabilidad de la línea de costa para cada zona y actúan diferente y se muestran en las **Figura IV_ 28**, **Figura IV_ 29** y **Figura IV_ 30**.



Figura IV_28. Factores que afectan la estabilidad de la línea de costa en la Zona Noreste.

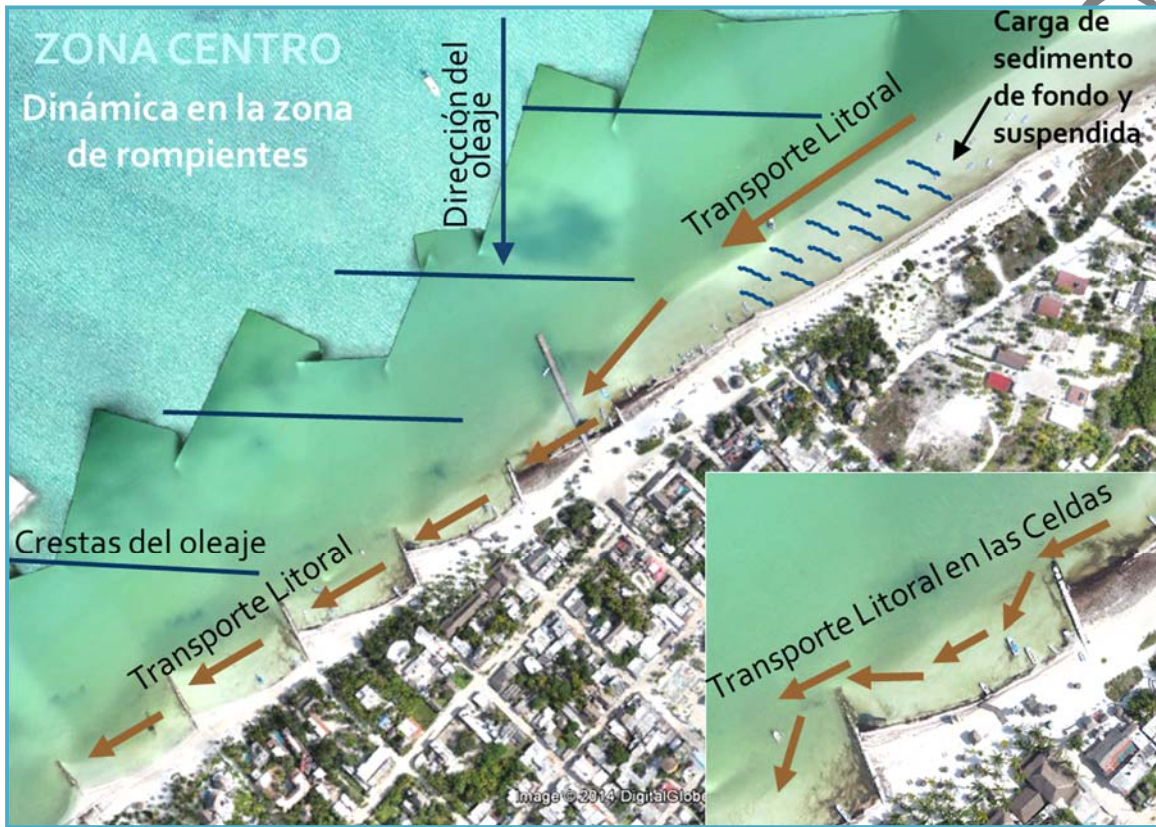


Figura IV_29. Factores que afectan la estabilidad de la línea de costa en la Zona Centro.



Figura IV_ 30. Factores que afectan la estabilidad de la línea de costa en la Zona Suroeste.

IV.3.1.4.5 Patrón de mareas

La elevación en el nivel del agua puede ocasionar graves inundaciones en las áreas costeras, en particular cuando la marea de tormenta coincide con la marea alta normal. Debido a que una buena parte de las costas densamente pobladas en el Golfo de México y el Mar Caribe están a menos de 3 m sobre el nivel medio del mar, el peligro que representan las mareas de tormenta es tremendo.

La marea meteorológica es un parámetro muy difícil de predecir. Actualmente existen modelos matemáticos por computadora que estiman los niveles de mareas meteorológicas con base a resultados históricos, hipotéticos o predictivos, tomando en cuenta la presión atmosférica, la velocidad de las olas, la velocidad del viento, dirección, profundidad. Como referencia, en el caso de Yucatán se tiene el antecedente que, durante el paso del Huracán Gilberto en 1988, el oleaje superó los 5 m y durante Isidoro en el 2002, alcanzó los 3 m de altura.

IV.3.1.4.6 Oleaje

La isla absorbe, en su flanco frontal de barlovento, parte de la energía física del choque hidráulico del oleaje, que incide primordialmente del oriente. De esta forma, la porción frontal recibe el oleaje del mar abierto con mayor energía física, mientras que en el lado interno a sotavento, éste se filtra y amortigua.

El oleaje es uno de los principales fenómenos oceanográficos a considerar en el diseño y planeación de cualquier obra en la zona costera y en el mar, ya que es un parámetro que participa en forma determinante. Los efectos de las ondas de agua son de gran importancia en el campo de la ingeniería de costas. Las olas son el principal factor en la determinación de la geometría y composición de las playas, y tienen gran influencia en la planeación y diseño de puertos, vías navegables, medidas de protección costera, estructuras cerca de la costa, apertura o cierres de bocas y otras obras marítimas. Las olas superficiales generalmente obtienen su energía de los vientos. Una cantidad significativa de esta energía del oleaje es disipada finalmente en la región próxima en la costa y sobre las playas, lo que origina fenómenos que son determinantes en la erosión o crecimiento de la misma.

Para el presente proyecto se consideraron tanto el oleaje normal, el cual actúa la mayor parte del tiempo y el huracanado o extremo.

Oleaje normal

La fuente empleada para la obtención del régimen de oleajes es el modelo WAVEWATCH III (WWIII) a través de una herramienta elaborada por la Universidad de Hawái. El modelo WWIII (Tolman 1997, 1999) es un modelo de tercera generación desarrollado por la NOAA/NCEP (WAMDIG 1988, Komen *et. al.*, 1994) y que resuelve la ecuación de conservación de la densidad espectral de acción de onda. El modelo

asume que las propiedades del medio (profundidades y corrientes), así como el campo de ondas, varían en escalas espaciales y temporales mucho más a las escalas de variación de una única onda. El WWIII permite simular la generación y propagación de espectros de olas con base en los datos de viento, considerando los procesos de generación, interacciones no lineales ola-ola, disipación por whitecapping y fricción con el fondo.

Considerando lo anterior, los datos del modelo WWIII de oleaje en aguas profundas fueron extraídos del elemento de la malla de cálculo para tres estaciones de información, ubicadas al Norte, Noreste y al Este (**Figura IV_ 31**), lo anterior con la finalidad de establecer las direcciones de incidencia del oleaje y establecer cuales influyen de forma directa en la zona de estudio. La información corresponde de finales de 2010 a septiembre de 2014, lo que suma casi 4 años de datos de oleaje con mediciones a cada hora, que con ayuda del software CAROL® (desarrollado por el IH-Cantabria) y MATLAB se generaron histogramas de Frecuencias y la rosa direccional del oleaje para cada estación.

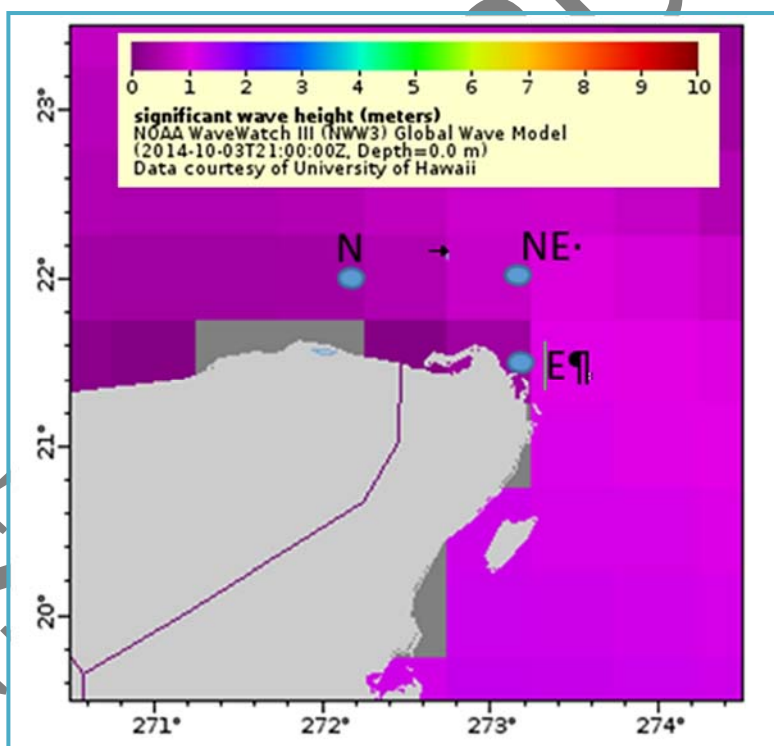


Figura IV_ 31. Estaciones de información para la obtención de datos de oleaje.

El oleaje se caracterizó para tres sitios en aguas profundas en la zona de influencia de Holbox (Norte, NE y Este), siendo la zona Este (E) la de mayor influencia, aunque se consideraron todas las direcciones con una incidencia de más del 5% de ocurrencia. Una vez analizada la información se realizó la propagación desde aguas profundas hasta el límite de aguas bajas (**Figura IV_ 32**).

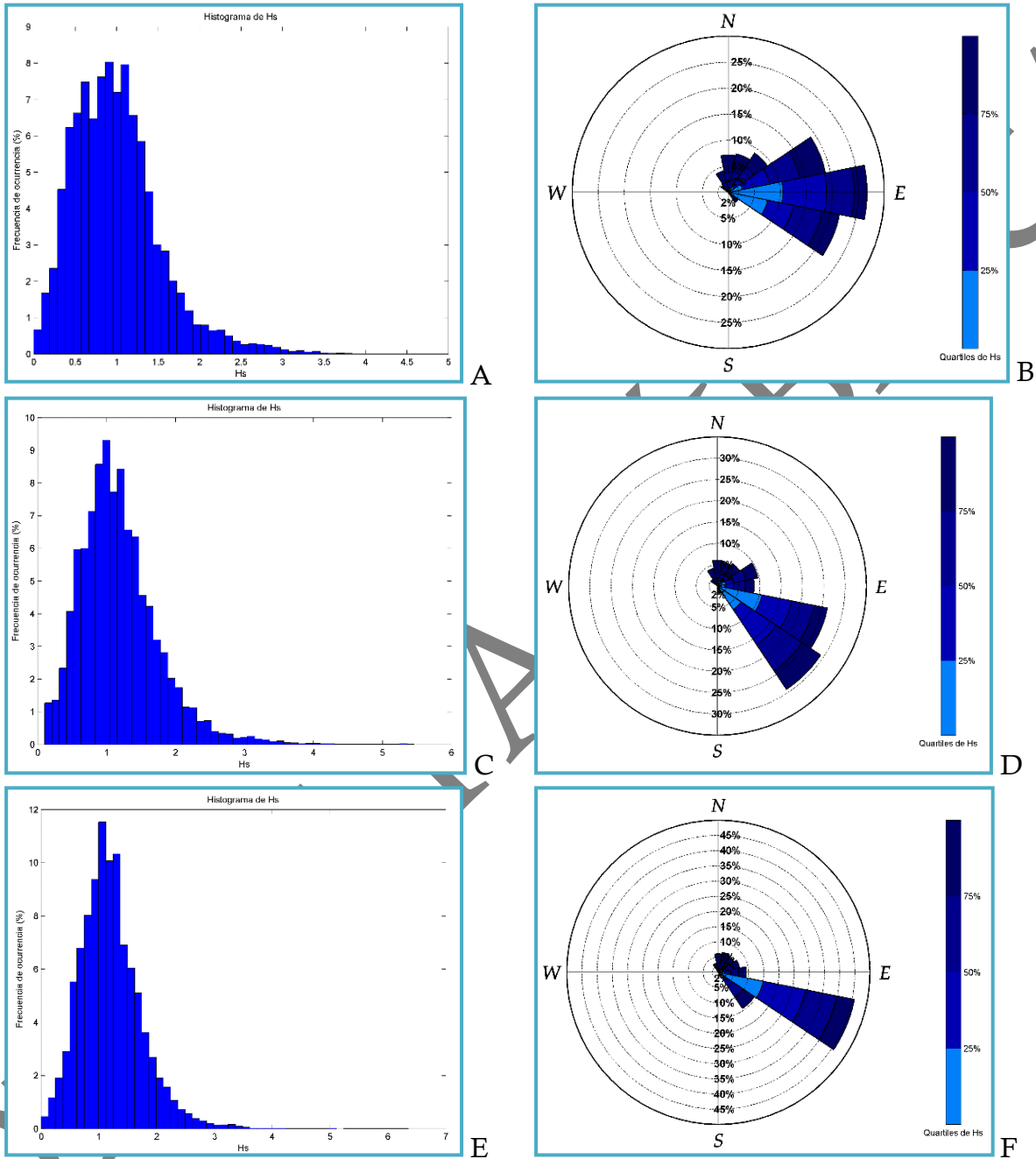


Figura IV_ 32. Histograma de frecuencia (izquierda) y Rosa de direccional del oleaje (derecha) para cada estacion. A-B) Zona Norte, C-D) Zona Noreste y E-F) Zona Este.

Respecto al análisis del oleaje direccional se puede establecer para cada estación que:

- La estación Norte, el oleaje proviene del Norte hacia el SE, siendo más frecuente el proveniente del NEE al SEE y considerando la forma en cómo se propaga el

oleaje, las direcciones que pueden incidir en la zona de estudio son la NNW a la NNE (**Figura IV_ 32**, A - B).

- La estación Noreste, el oleaje proviene del Norte hacia el SE, siendo más frecuente el proveniente del ESE y SE, y considerando la forma en cómo se propaga el oleaje, las direcciones que pueden incidir en la zona de estudio son la NE y NEE (**Figura IV_ 32**, C - D).
- La estación Este, el oleaje proviene del Norte hacia el SE, siendo más frecuente el proveniente del ESE y SE, y considerando la forma en cómo se propaga el oleaje, las direcciones que pueden incidir en la zona de estudio son la E a SE (**Figura IV_ 32**, E - F).

En el área de estudio se estableció que la estación Este es la que presenta el mayor rango de oleaje direccional que incide en la zona, seguida por la estación Norte y la estación Noreste (**Tabla IV_ 10**). La dirección de incidencia más frecuente es la dirección ESE (46%), seguida por la SE (14%), ambas con alturas de entre 1 m y 1.3 m, con periodo de 7.2 y 7.8 seg. La altura del oleaje dominante proviene del NNW con altura de 1.60 m y periodo de 7.5 seg.

Tabla IV_ 10. Concentrado de oleaje direccional para el análisis de la influencia en Holbox.

Incidencia	Hs (m)	Tp (seg)	Probabilidad (%)
N	1.48	7.4	6
NNE	1.36	6.9	7
NE	1.27	6.1	6
NEE	1.21	6.2	10
E	1.24	6.5	9
ESE	1.02	7.8	46
SE	1.29	7.2	14
NNW	1.60	7.5	dominante

Oleaje huracanado

El oleaje ciclónico también llamado huracanado, es un oleaje extraordinario generado por la formación de centros de baja presión y vientos de fuerte intensidad. El interés de analizar este tipo de oleaje es determinar la altura y período de ola que se presenta durante una condición meteorológica extrema en la zona de estudio para establecer cómo afecta el comportamiento de los perfiles de playa con el enfoque de análisis de la

erosión y de revisión de estabilidad de las soluciones propuestas asociadas a un periodo de retorno.

Para lo cual se realizó un análisis de todos los huracanes que pasaron en el frente marítimo en un periodo mayor a 100 años del área de estudio hasta un radio de 90 km; dicha información fue obtenida de la página de Internet del Sistema Meteorológico Nacional, [SMN]; del Unisys Weather [UNISYS] y del National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA].

De acuerdo con el análisis realizado, 38 huracanes han incidido en la zona de estudio, los cuales presentaron alturas del oleaje en aguas profundas de 7.14 m en promedio, siendo la máxima de 8.22 m para el huracán Keith en 1988 (**Figura IV_ 33**). Considerando un Tiempo de retorno (T_r) igual a 25 años para el tipo de obras de recuperación de playas los datos con los cuales se revisará la vida útil de las obras considerando una altura extrema, en función del período de retorno de 8 m y un periodo de 10.96 seg. Por otro lado, empleando el método del nomograma de la norma M-PRY-PUE-1-04-005/08, se estima una sobreelevación por tormenta de 5.4 m.

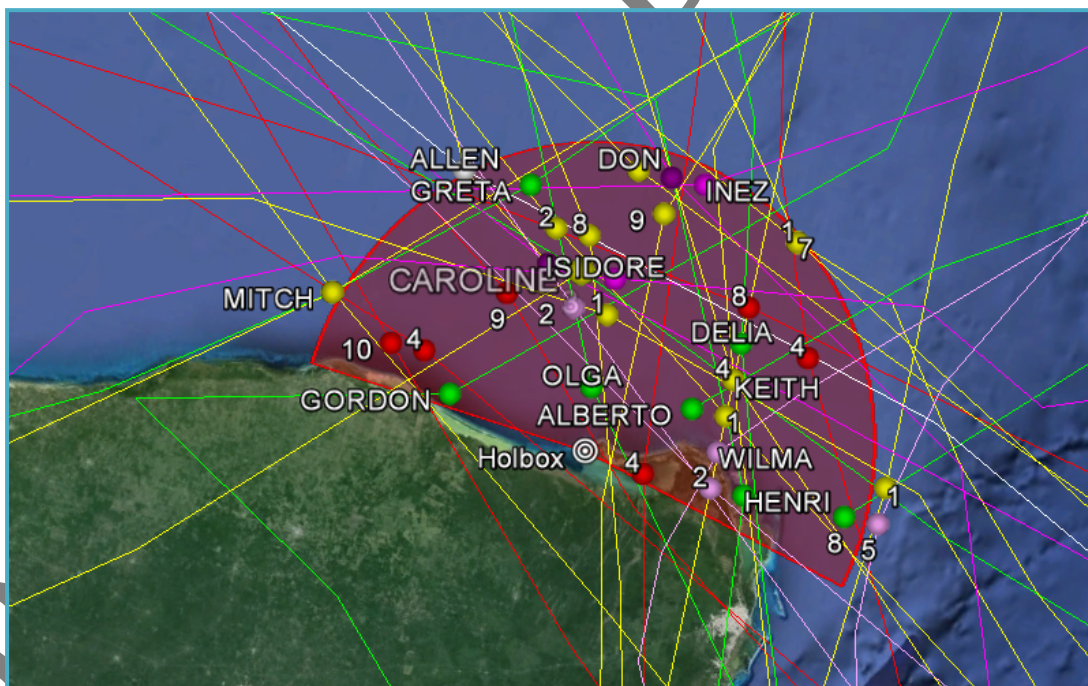


Figura IV_ 33. Huracanes que han afectado la zona de estudio

Propagación del oleaje

Se realizó la simulación de la propagación del oleaje normal y huracanado desde la zona de aguas profundas hacia aguas bajas para definir su influencia en la zona de estudio. El propósito de aplicar la transformación del oleaje cercano a la costa es para describir los

cambios cuantitativos en los parámetros del oleaje (altura de la ola, periodo, dirección y forma del espectro) fuera de la costa y cercano a la costa. En aguas relativamente profundas, los campos de oleaje son prácticamente homogéneos en la escala de kilómetros; pero en aguas cercanas a la costa, donde las olas son fuertemente influenciadas por la variación de la batimetría (profundidad y presencia de un importante número de islas), los parámetros del oleaje pueden variar significativamente. Para poder propagar el oleaje desde el límite de aguas profundas, se crearon mallas encadenadas para obtener una resolución de malla adecuada (**Figura IV_ 34**).

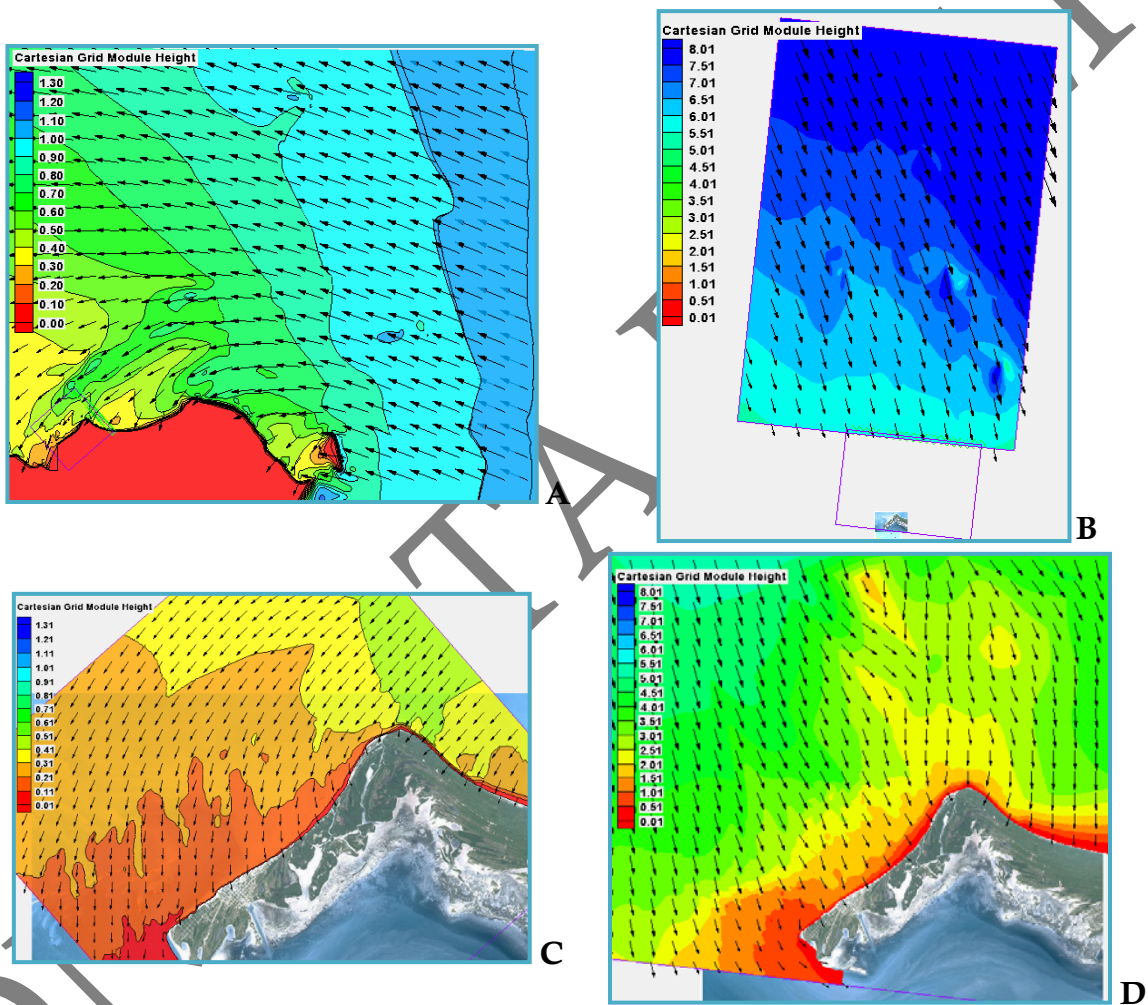


Figura IV_ 34. Propagación del oleaje en la zona del proyecto. A-B) mallas de menor resolución

6

De acuerdo con los resultados de la modelación, se establece para cada tipo de oleaje lo siguiente:

- **Propagación normal:** la energía del oleaje que incide en la zona de estudio es muy baja todo el año debido a dos factores principalmente por la dirección de incidencia y el amortiguamiento por efecto de la configuración del fondo ya que

debido a la ubicación de Holbox, el fenómeno de la refracción tiene un peso muy importante al generarse varios cambios de dirección y debido a que la zona de aguas bajas es muy amplia el oleaje amortigua su energía de forma muy eficiente (Figura IV_ 35 y Tabla IV_ 11). Obteniendo que la altura de la ola en la zona de estudio oscila entre 0.15 y 0.25 m.

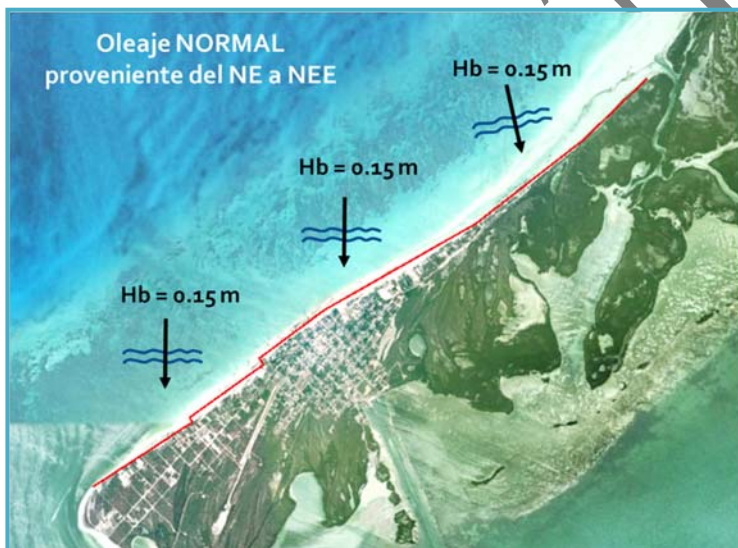
- Propagación huracanada: cuando se presenta un huracán, el oleaje en la zona de estudio puede alcanzar $H_e = 1.30$ m, para la dirección más desfavorable en la zona central de la isla chica.

Tabla IV_ 11. Oleaje propagado del NNW al ESE

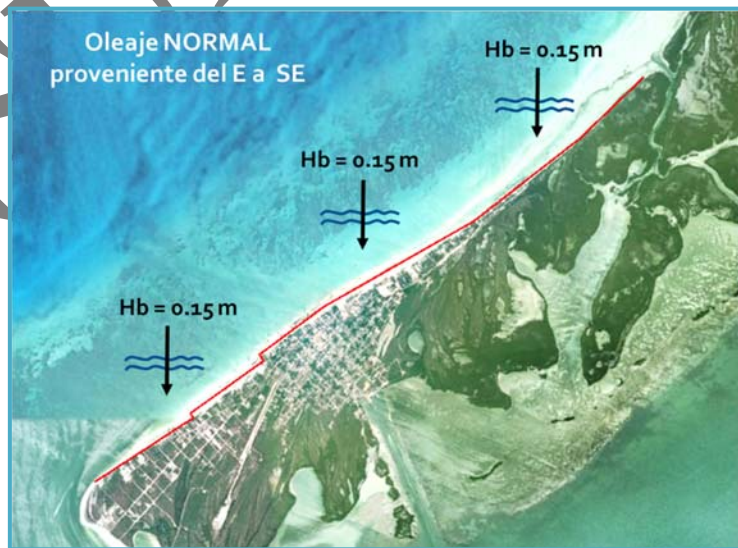
Zona	Incidencia	% ocurrencia	hb	Angulo de
Norte	NNW a	15	0.25	5
	NE a NEE	16	0.15	30
	E a SE	69	0.15	43
Centro	NNW a	15	0.25	4
	NE a NEE	16	0.15	31
	E a SE	69	0.15	31
Suroeste	NNW a	15	0.25	13
	NE a NEE	16	0.15	36
	E a SE	69	0.15	36



A



B



C

Figura IV_35. Propagación del oleaje normal.

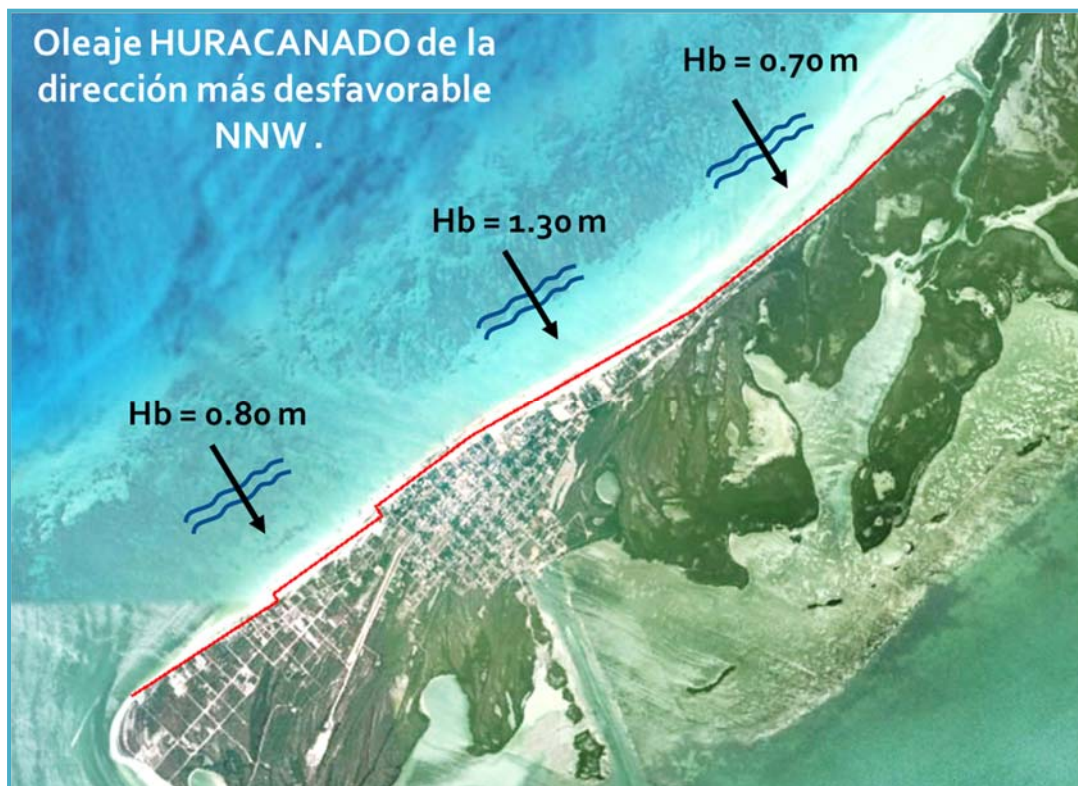


Figura IV_ 36. Propagación del oleaje huracanado.

IV.3.1.4.7 Vientos

El viento es una de las fuerzas actuantes que se desprecia cuando se analiza la dinámica litoral pues el principal motor es el oleaje, sin embargo, cuando se tienen aguas muy someras y baja energía del oleaje; la transferencia de energía del viento sobre la superficie del agua puede generar un comportamiento diferente en la dinámica litoral. Por lo anterior, para este estudio en específico, se toma en cuenta la influencia del viento como uno de los actores que definen los patrones de las corrientes en la costa.

En el área de estudio, el viento sopla la mayor parte del tiempo en el rango de las direcciones SW-NW (79% acumulado), siendo las direcciones de mayor frecuencia la dirección WNW (21%), W (19%) y WSW (16%) con magnitudes promedio de 5.85 m/s (11.3 nudos). La velocidad promedio anual de estas tres direcciones es del rango de 5.8 m/s, y la dominante es de 7 m/s en dirección al SE (Figura IV_ 37).

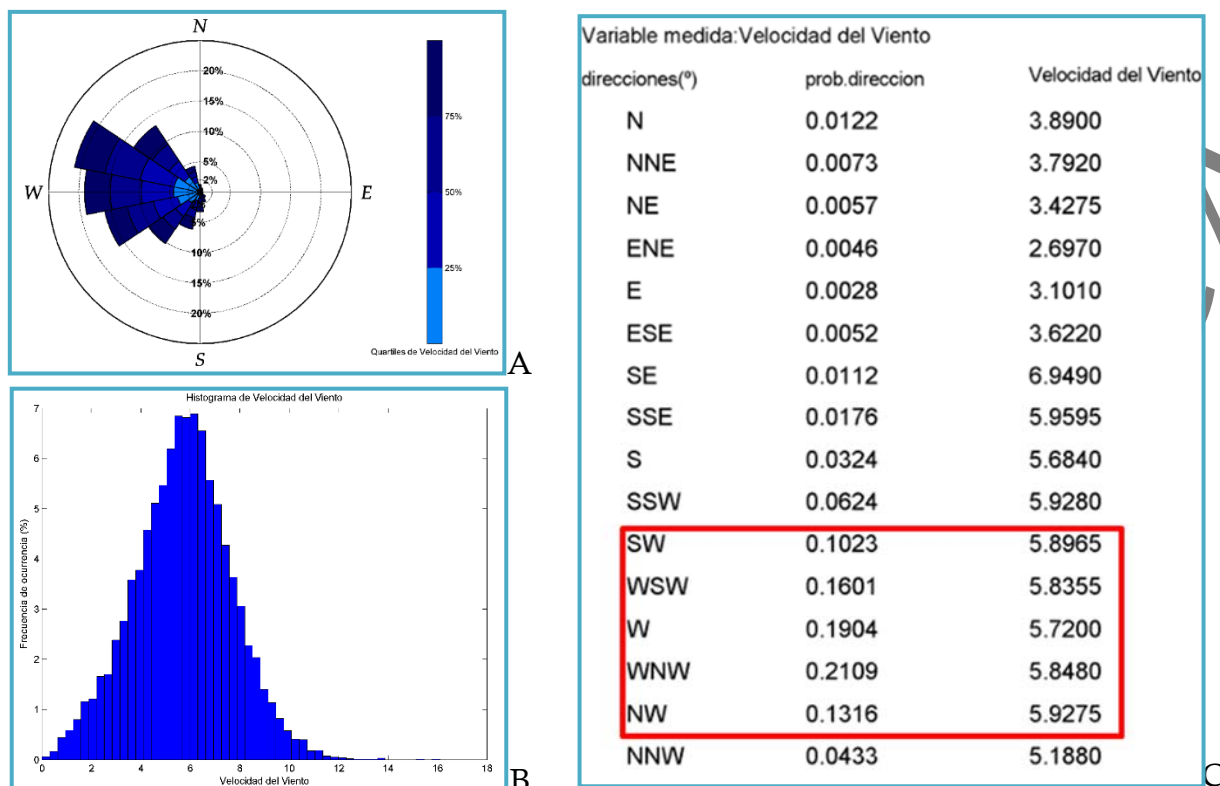


Figura IV_37. Dirección del viento principal en el área de estudio. A) Rosa direccional del viento, B) Histograma de velocidad del viento, y C) Tabla de probabilidades de velocidad del viento.

IV.3.1.4.8 Mareas

La marea es el cambio periódico del nivel del mar producido principalmente por las fuerzas gravitacionales que ejercen la Luna y el Sol. La marea astronómica del área donde se realizará el proyecto es de tipo mixto predominantemente semidiurna (SEMAR, 2013).

La variación de los niveles del mar por la marea astronómica es importante en la morfología de las playas, ya que modifica la propagación del oleaje (asomeramiento, refracción y de forma muy específica la zona de rotura) al variar continuamente la profundidad. Las corrientes por la marea son, en general, despreciadas en la zona de rompientes debido a su escasa magnitud comparadas con las corrientes que se generan por la rotura del oleaje. En los casos donde la desembocadura de ríos, laguna y estuarios se encuentra próxima a las playas esta consideración no es válida, ya que regularmente la corriente de marea establece un equilibrio entre la dinámica de la marea y oleaje, dando lugar a una forma muy particular, con la formación de grandes bajos, como en la zona del denominado Río Kuká.

Por lo anterior, en el análisis de la dinámica litoral de Isla Chica, Holbox se considera la variación de la marea, considerando que la playa cercana al río Kuká es muy plana y los cambios en la marea mueven la zona de rompientes en decenas de metros. Como no

se cuenta con mediciones ni pronóstico de mareas para la isla de Holbox, se emplea la información de pronósticos de mareas de Isla Mujeres (considerando que la variación en la amplitud es mínima debido a que la distancia es menor a 75 km), de las tablas de mareas de la SEMAR o de los pronósticos del CICESE de Ensenada, que cuentan con tablas de marea anuales para Isla Mujeres, punto más cercano a la zona de interés (**Figura IV_ 38**). Donde se establece que la variación del nivel del mar, debido a la marea no es muy amplia, apenas de entre 20 y 30 cm durante el año (**Tabla IV_ 12**).

Tabla IV_ 12. Predicción de marea para Isla Mujeres.

Marea	Nivel
Pleamar máxima superior	0.37
Pleamar media superior	0.19
Nivel medio del mar	0.13
Pleamar media inferior	0.06
Pleamar mínima inferior	-0.11

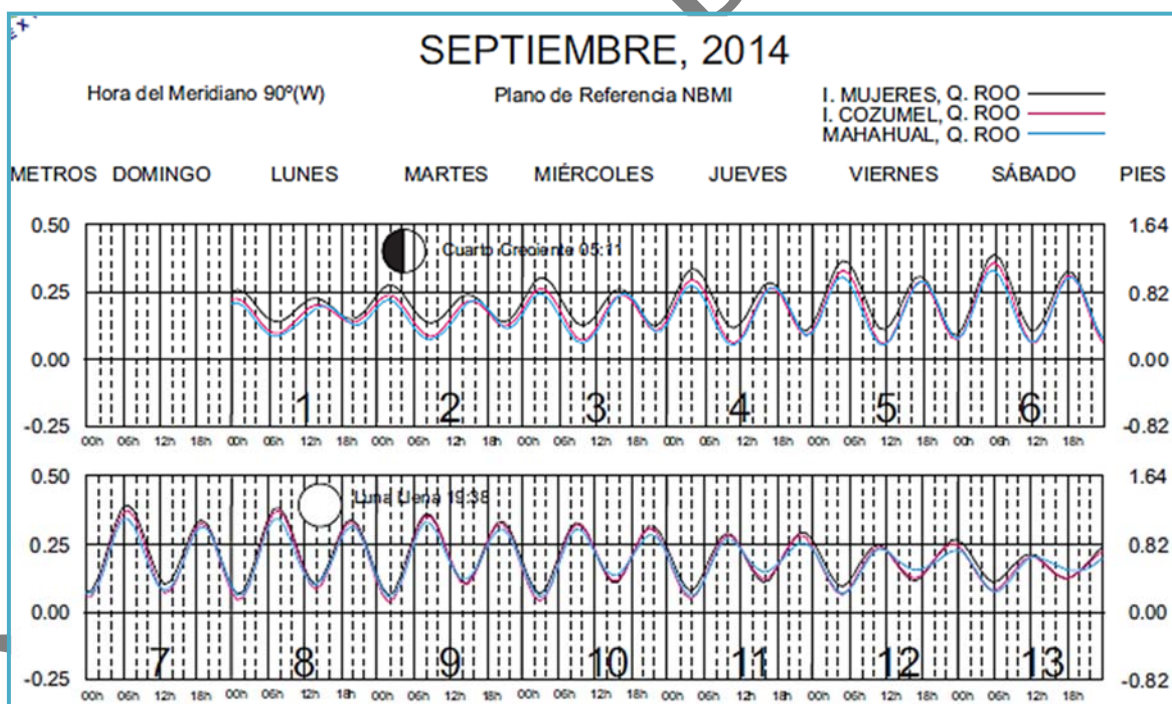


Figura IV_ 38. Ejemplo de tabla de mareas utilizadas para el análisis del presente proyecto.

IV.3.2. Medio biótico

Con la finalidad de obtener elementos que ayuden a determinar el efecto del proyecto sobre los aspectos bióticos, se realizaron ocho muestreos entre los meses de septiembre, noviembre y diciembre del 2014, y uno en noviembre del 2016; lo anterior con la finalidad de caracterizar ambientalmente cada uno de los ambientes existente en la zona marina dentro del SAR.

IV.3.2.1. Trabajo de campo

IV.3.2.1.1 Área de estudio

El área de estudio conocida como Isla Chica se encuentra dentro de Isla de Holbox, se trata de una isla de barrera que en la zona costera retiene los sedimentos que son acarreados por las corrientes provenientes de la parte norte. Isla Chica, Holbox está separada del resto de la isla por la desembocadura del río Kuka y ahí es donde se encuentra asentada la población de Holbox. Por lo tanto, el área de estudio abarcó la zona de influencia directa, que incluye la zona marina frente a Isla Chica, Holbox, y la zona terrestre desde el Río Kuka hasta Punta Poniente.

IV.3.2.1.2 Elementos bióticos a considerar

Para este trabajo se llevó a cabo un análisis de la comunidad de la biota marina que se encuentra presente en el área de estudio, se determinó la composición específica, distribución y abundancia de los principales grupos taxonómicos observados, que fueron:

- Fauna
 - Invertebrados
 - Ictiofauna
 - Aves
 - Anfibios
- Reptiles
 - Tortugas marinas
 - Mamíferos
 - Marinos
 - Terrestres
- Flora
 - Algas
 - Duna costera
 - Matorral costero
 - Manglar
 - Vegetación secundaria

IV.3.2.1.3 Zona terrestre

Para la zona terrestre el trabajo de campo realizado tuvo el propósito de obtener la información necesaria de los elementos florísticos más conspicuos e importantes del área de estudio, además de registrar las características ecológicas, ambientales y físicas del sitio de interés, así como sus afectaciones y condiciones geomorfológicas que prevalecen en la región.

Mediante muestreos sistemáticos en el área costera se realizaron 15 transectos lineales como referencia para el registro de datos, los cuales se georreferenciaron con un GPS

marca Garmín, mismos que permitieron recabar información sobre la composición y estructura de la vegetación, así como parámetros ecológicos del ecosistema, asociaciones además de facilitar el levantamiento de la información de los individuos.

IV.3.2.1.4 Zona marina

Para el área marina se seleccionaron muestreos sistemáticos en el área de estudio y aplicando los siguientes métodos:

- El primero consistió en el recorrido a nado con equipo de buceo básico a lo largo de la costa.
- El segundo consistió en la realización de transectos perpendiculares y paralelos.
 - Los transectos perpendiculares a la línea de costa se realizaron a una distancia de un kilómetro entre cada uno, la distancia recorrida en cada transecto dependió de la profundidad a la que se llegaba, ya que en la porción Noreste la distancia recorrida fue de 600 metro lineales, punto en que se alcanzó una profundidad de cerca de 2 metros, mientras que en la parte suroeste fue menor ya que a los 30 metros lineales se alcanzaba dicha profundidad. En algunos puntos de la porción central la delimitación fue el sistema de boyeo de los hoteles que ahí se encuentran.
 - Los transectos paralelos a la línea de costa abarcaron toda el área de estudio, en la zona de disposición de arena y la costa.

Los sitios muestreados abarcaron la zona terrestre como en la marina dentro del área de influencia directa. Cada muestreo se realizó dependiendo de su profundidad mediante buceo libre, a pie desde la playa o con el apoyo de una embarcación para el caso de los muestreos en la zona de disposición. El material y equipo empleado fue: cinta métrica de 50 m, cámara subacuática GoPro Hero +3, GPS marca Garmin Etrex 10, tablas de acrílico, equipo libre de buceo (snorquel, visor y aletas) y embarcación.

IV.3.2.1.5 Trabajo de gabinete

El reconocimiento de la biota marina se realizó a partir de censos visuales, fotografías y videotransectos. Su identificación taxonómica se determinó *in situ* y en gabinete, empleando las claves de Chaplin (1972), Greenberg y Greenberg (1977) y Stokes (1984), Littler *et al.* (1989), Humman (1993a) entre otras. Con base en dichas técnicas se elaboró el listado de la fauna y flora presente en el área.

IV.3.2.2. *Ecosistemas - ambientes marinos y terrestres*

El SAR del proyecto fue dividido en base al muestreo en campo e información bibliográfica, en ocho ambientes: Arenal costero, Playa, Bajos, Humedal costero, Laguna Conil, Pastizales, Dunas caminantes y Asentamientos humanos (**Figura IV_39**).

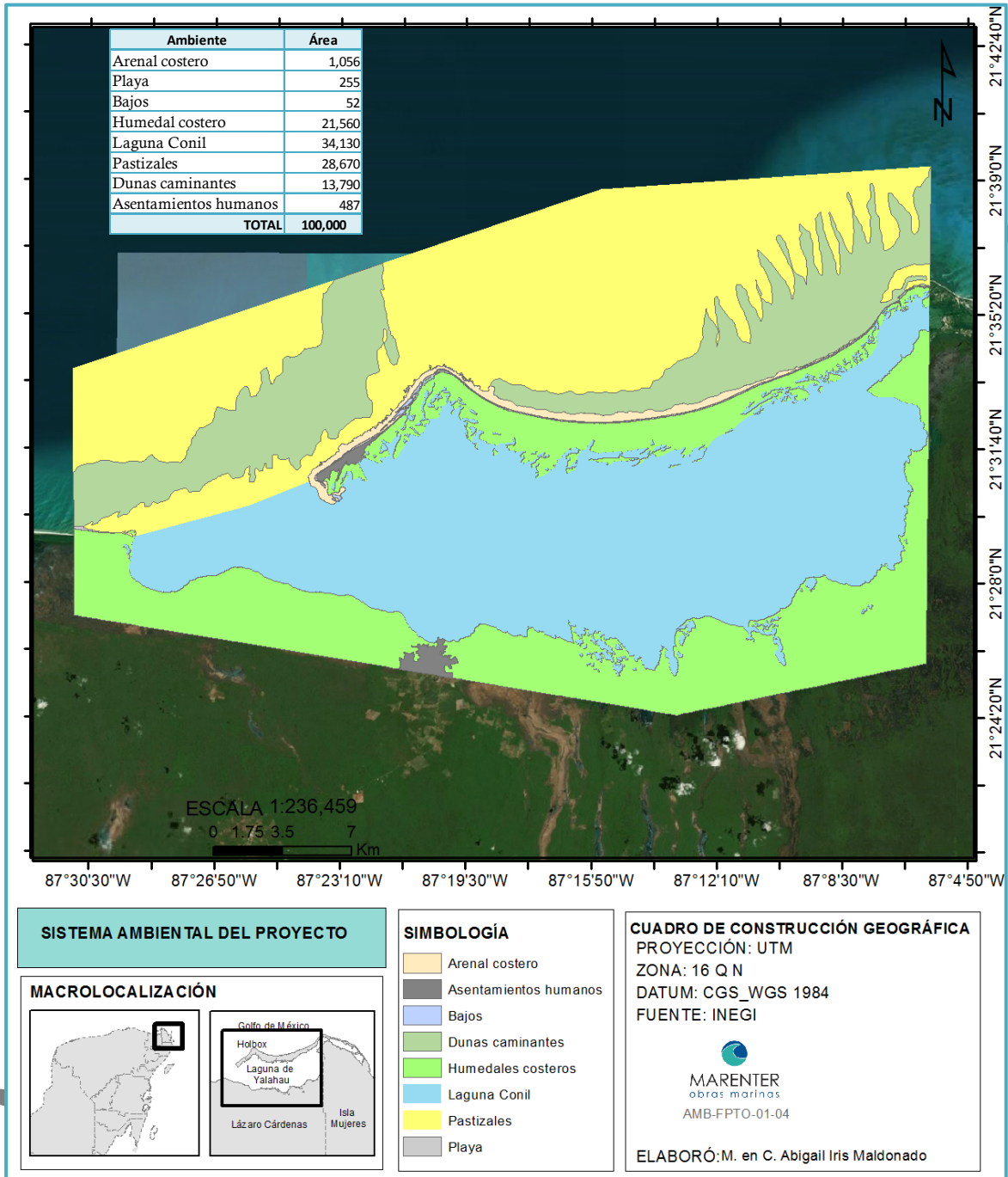


Figura IV_39. Tipo de ambientes en el Sistema Ambiental.

Para cada ambiente se calculó la superficie, características físicas y biológicas, las cuales se describen a continuación:

- 1) **Arenal costero.**- Zonas de arenal adyacentes a la playa con un área de 1,056 ha lo que corresponde al 1% del SAR (**Figura IV_ 39**). Se caracteriza por ser un ambiente homogéneo con baja diversidad ya que solamente se encontró algunos caracoles, algunas cacerolitas de mar, un camarón, gusanos decoradores, etc (**Figura IV_ 40**).

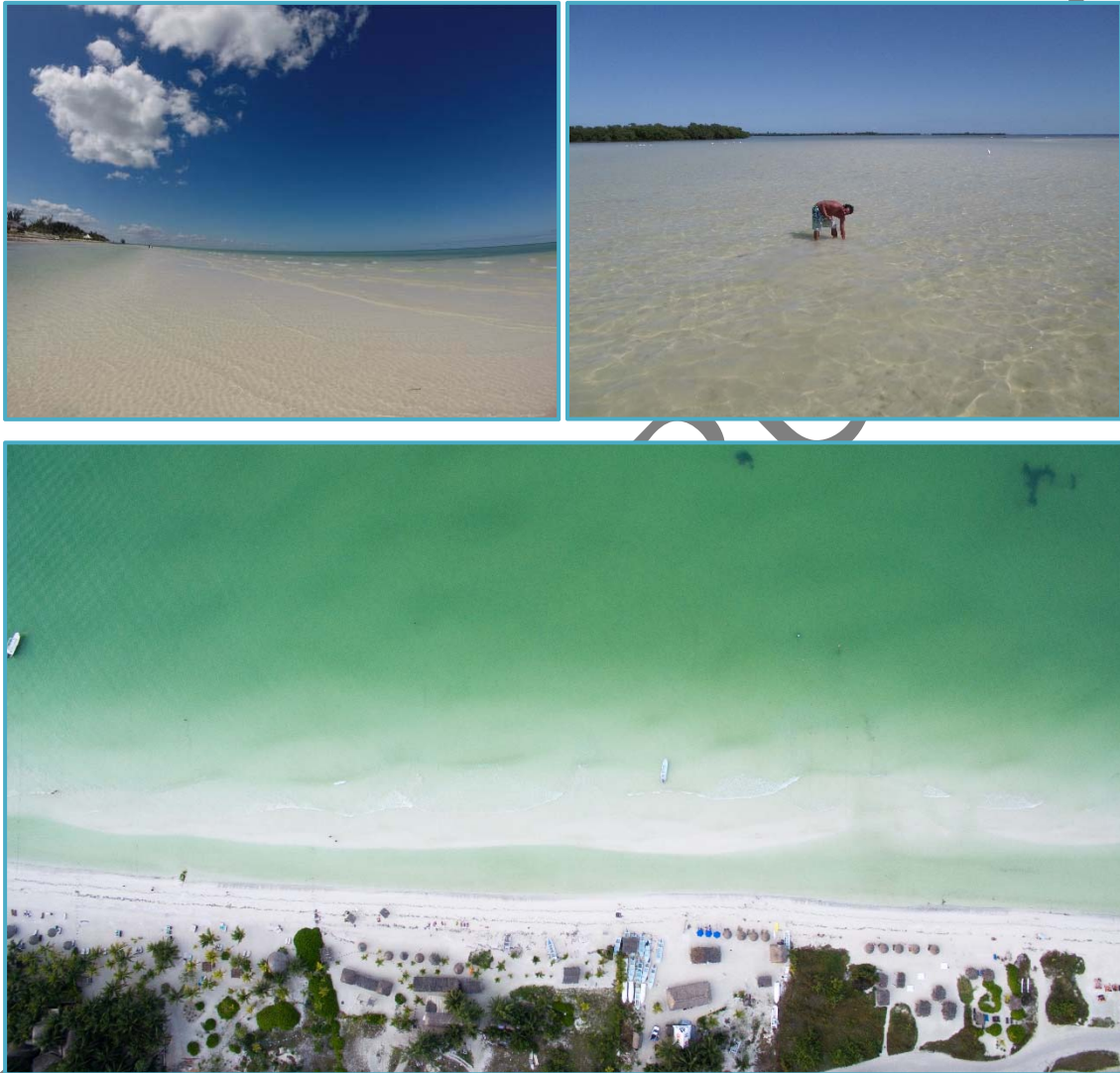


Figura IV_ 40. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Arenal costero.

- 2) **Playa.**- Área entre la zona urbana y zona marina con un área de 255 ha lo que corresponde al 0.25% del SAR (**Figura IV_ 39**). Se caracteriza por ser un ambiente homogéneo de arena fina, en secciones con presencia de conchas de tamaño pequeño (**Figura IV_ 41**). Se observó principalmente algas rojas recalando, restos de mangle y en zonas gran cantidad de sargazo en putrefacción.

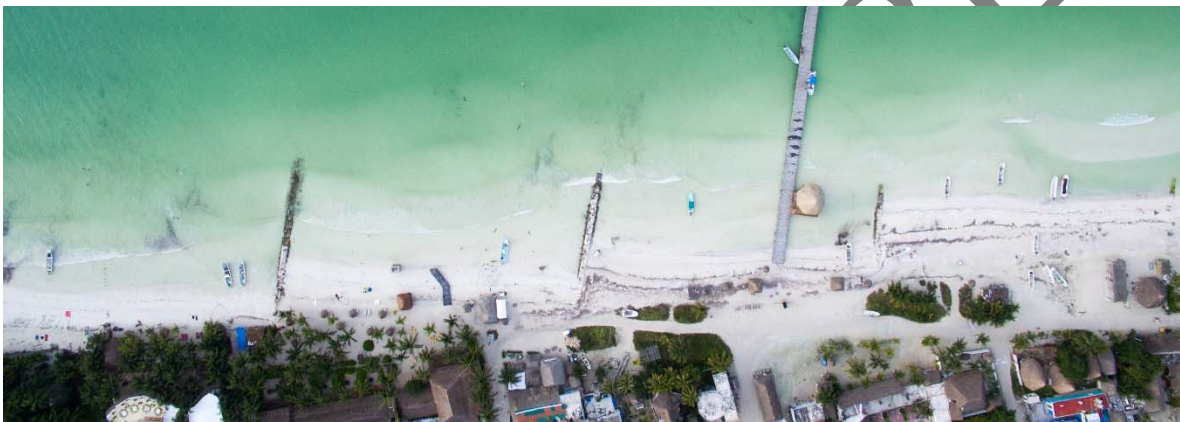


Figura IV_ 41. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Playa.

- 3) **Bajos.**- Zonas de arenal adyacentes a la playa formasa por la sedimentación de la arena, posee un área de 52 ha lo que corresponde al 0.05% del SAR (Figura IV_ 39). Se caracteriza por ser un ambiente homogéneo utilizado por las aves como zona de descanso (Figura IV_ 42).



Figura IV_ 42. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Bajos.

- 4) **Humedal costero.**- Zona adyacente a la Laguna Conil con un área de 21,560 ha lo que corresponde al 21% del SAR (**Figura IV_ 39**). Se caracteriza por ser un ambiente diverso con la presencia de las cuatro especies de mangles bien zonificadas. La cual en su sección de lado marino presenta un gran deterioro producto de la erosión en la zona (**Figura IV_ 43**).



Figura IV_ 43. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Humedal costero.

- 5) **Laguna Conil.**- o también llamada Laguna Yalahau, conforma el cuerpo de agua entre Chiquilá e Isla Holbox cuanta con un área de 34,130 ha lo que corresponde al 34% del SAR (Figura IV_ 39). Se caracteriza por ser un ambiente heterogeno de zonas limosas, arenales y en sus periferias praderas de pastos marinos (Figura IV_ 44). Aunque solo se registró la especie pasto *Thalassia testudinum*, para la zona se tiene el registro de otras especies.



Figura IV_ 44. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Laguna Conil.

- 6) **Pastizales.**- Zonas marina de praderas de pastos marinos con un área de 28,670, ha lo que corresponde al 29 % del SAR (**Figura IV_ 39**). Se caracteriza por ser un ambiente homogéneo de pastos marinos con algunos arenales, sobre todo en la zona colindante a las dunas caminantes (**Figura IV_ 45**).
- 7) **Dunas caminantes.**- Zonas de arenal adyacentes a la playa con un área de 13,790 ha lo que corresponde al 14% del SAR (**Figura IV_ 39**). Se caracteriza por ser un ambiente homogéneo con parches de pastos marinos (**Figura IV_ 46**).
- 8) **Asentamientos humanos.**- Esta conformado por el poblado de Holbox y Chiquilá con un área de 487 ha lo que corresponde al 0.5% del SAR (**Figura IV_ 39, Figura IV_ 47**).

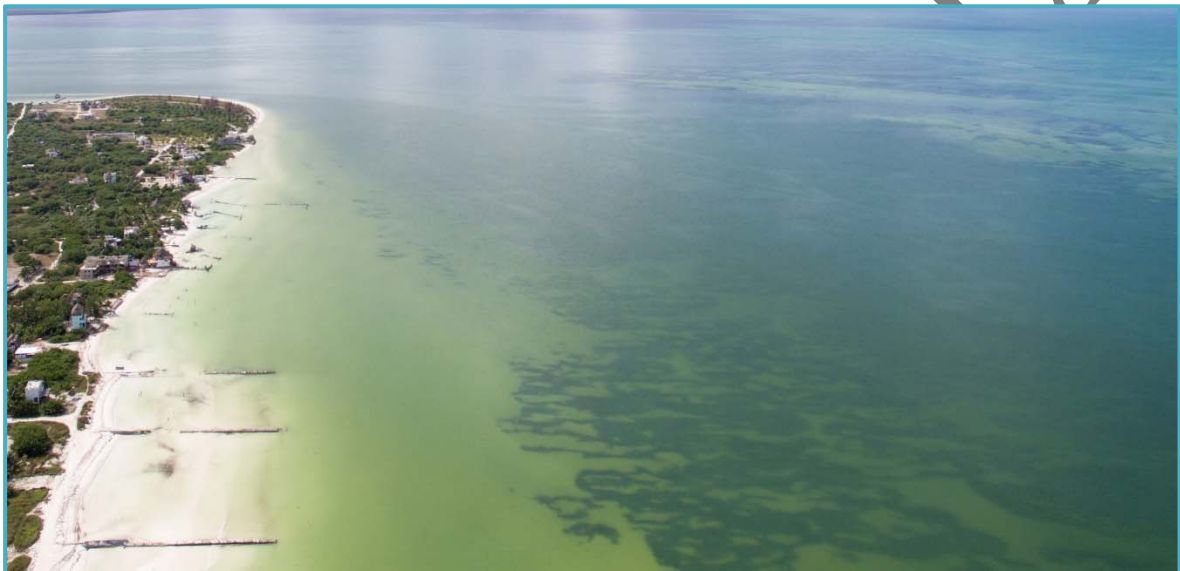
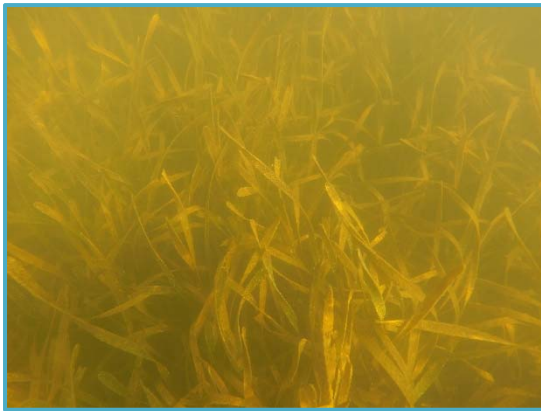


Figura IV_45. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Pastizales.

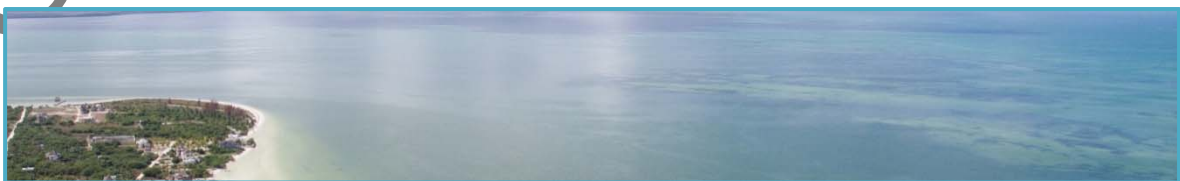


Figura IV_46. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Dunas caminantes.



Figura IV_ 47. Fotos de los muestreos dentro del ambiente de Asentamientos humanos.

IV.3.2.3. Biodiversidad

Se realizó el registro de las especies en el área de influencia y de la literatura para el SAR, las cuales fueron divididas en siete grupos taxonómicos: invertebrados, ictiofauna, aves, reptiles (incluyendo tortugas marinas), mamíferos marinos, algas, manglares y otra vegetación; las principales especies se muestran en la **Tabla IV_ 13**.

Tabla IV_ 13.- Listado taxonómico de las especies registradas en campo y en la literatura para el área de estudio.

Familia	Nombre Científico	Nombre común
Invertebrados		
Limulidae	<i>Limulus polyphemus</i>	Cacerolita de mar
Palinuridae	<i>Panulirus argus</i>	Langosta caribe
Oreasteridae	<i>Oeaster reticulatus</i>	Estrella de mar
Strombidae	<i>Strombus gigas</i>	Cacarol rosa
Octopodidae	<i>Octopus spp</i>	pulpos
Cassiopeidea	<i>Cassiopea xamachana</i>	Medusa invertida
Linuchidae	<i>Linuche unguiculata</i>	Dedal
Ictiofauna		
Spheroidae	<i>Sphoeroides sp</i>	botete
Fistularidae	<i>Strogylura notata</i>	Pez aguja
Lutjanidae	<i>Lutjanus spp</i>	pargo
Ariidae	<i>Bagre marinus</i>	bagre
Haemulidae	<i>Haemulon parrai</i>	Ronco
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	lizeta
	<i>M. curema</i>	lizeta
Gerridae	<i>Gerres spp</i>	mojarra
Labridae	<i>Lachnolaimus maximus</i>	boquinete
Aves		
<i>Accipitridae</i>	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor

Familia	Nombre Científico	Nombre común
Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	Garza morena
	<i>Egretta rufescens</i>	Garza melenuda
Ciconidae	<i>Mycteria americana</i>	Gaytán
Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino
Laridae	<i>Sterna antillarum</i>	Golondrinita marina
Phoenicopteridae	<i>Phoenicopus ruber</i>	Flamenco rosado
Vireonidae	<i>Vireo pallens</i>	Vireo manglero
Reptiles		
Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus cozumelae</i>	Lagartija espinosa de Cozumel
Teiidae	<i>Cnemidophorus rodecki</i>	Huico de Quintana Roo
Colubridae	<i>Symphimus mayae</i>	Culebra labios blancos maya
Crocodylidae	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo de Morelet
	<i>Crocodylus acutus</i>	Cocodrilo americano
Chelonidae	<i>Caretta caretta</i>	caguama
	<i>Chelonia mydas</i>	blanca
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	carey
Dermochelidae	<i>Dermochelys coriacea</i>	Laud
Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
Mamíferos marinos		
Trichechidae	<i>Trichechus manatus</i>	Manatí del caribe
Algas		
Codiaceae	<i>Codium sp</i>	Alga verde
Sargassaceae	<i>Sargassum spp</i>	Sargazo
Hydrocharitaceae	<i>Thalassia testudinum</i>	Pasto marino
Mangles		
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle botoncillo
	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo
Verbenaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Mangle negro

IV.3.2.3.1 Fauna

México se encuentra entre los siete países con mayor Biodiversidad, es el tercer país que alberga entre 8 y 12% del total de especies de flora y fauna del planeta; mundialmente ocupa el primer lugar en reptiles, el segundo lugar en mamíferos terrestres, el cuarto en anfibios y constituye la más importante área de hibernación para las aves migratorias. Dentro del área de estudio la literatura indica que existen diversas especies marinas que van desde invertebrados como las langostas y cacerolitas de mar hasta grandes vertebrados como tortugas marinas y manatíes.

Con base en lo observado en la caracterización ambiental del proyecto se dividió en: invertebrados marinos, ictiofauna, aves, herpetofauna (incluyendo las tortugas marinas) y mamíferos (marinos y terrestres).

Invertebrados marinos

Como resultado de la caracterización ambiental se observaron diferentes tipos de invertebrados como gusanos decoradores, un nudibranquio (*Aplysia sp.*), un camarón, jaibas (*Calinectes sp.*), caracoles (*Olivella sp.* y Menlongenidae), una especie de bivalvo de la familia Mytilidae y la cacerolita de mar (**Figura IV_ 48**).

La cacerolita de mar (*Limulus polyphemus*) se localiza única en el continente americano y se distribuye en la costa del atlántico de los Estados Unidos desde Maryland hasta la península de Florida y la Península de Yucatán en México. En Quintana Roo se encuentra presente en las localidades de Holbox, Cabo Catoche, Chiquilá, Isla Blanca, Isla Contoy, Laguna Nichupté, Punta Allen y Bahía de la Asunción. Durante el recorrido realizado se observó gran cantidad de exuvias de caerolita de mar, ejemplares depredados o muertos a lo largo de la playa y un par de ejemplares vivos que se desplazaban en las zonas más someras.

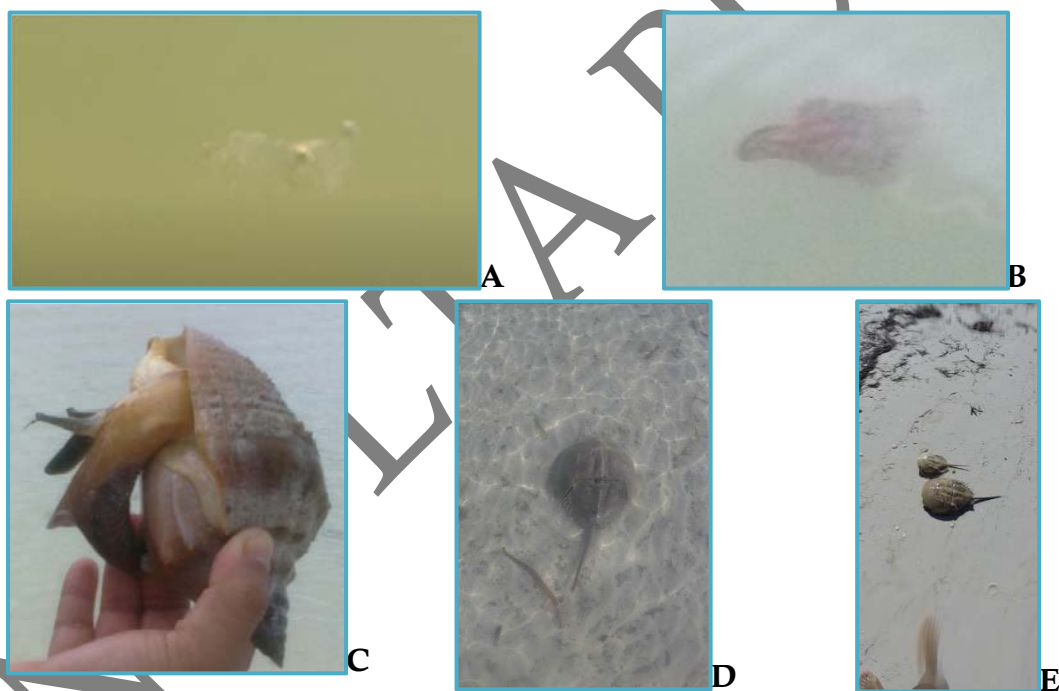


Figura IV_ 48. Cacerolitas de Mar, A) Camarón, B) Nudibranquio, C) Caracol de la familia Menlongenidae D) Cacerolita de mar desplazándose cerca de la playa, E) Exuvias y ejemplares muertos en la playa.

Ictiofauna

A lo largo de la zona costera se observaron algunos ejemplares de peces que recalaron muertos entre estos un chakchi y bagres, mientras que en la zona marina se identificaron

peces de talla pequeña como son aguja, botetes y alevines de otras especies que no se pudieron identificar por la velocidad a la que pasaron (Figura IV_ 49).

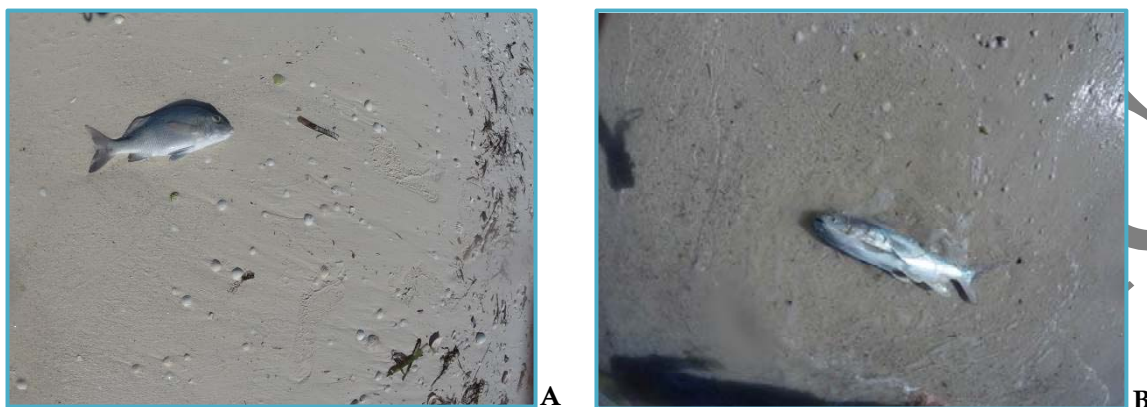


Figura IV_ 49. Ictiofauna observada, A) Chakchi (*Haemulon parrai*), B) Bagre (*Bagre marinus*).

Aves

La riqueza de ambientes del APFFYB, tanto acuáticos como terrestres, se refleja en el elevado número de especies de aves, con alrededor de 387 especies (aunque Berlanga y Paul Wood estiman 420 especies de aves) que constituye el 85% de las especies registradas en la Península de Yucatán. Se reconoce la importancia del área para numerosas especies residentes y migratorias, endemismos, así como especies vulnerables o amenazadas (Snedaker et al. 1991).

La diversidad encontrada se debe en parte a la localización geográfica de la Península de Yucatán y del APFFYB, ya que es un punto de confluencia entre las costas del Golfo y del Mar Caribe. Actualmente, el listado de aves de la región se ha enriquecido con nuevos datos, ya que se cuenta con una lista exhaustiva de las aves de la Isla Holbox (Howell 1992). Las especies citadas en la bibliografía consultada representan 247 géneros y 55 familias. Las aves acuáticas constituyen casi el 30% (130 especies) del total y una proporción importante está formada por un grupo diverso de especies terrestres.

La zona norte de Quintana Roo y la costa norte de Yucatán tienen una posición estratégicamente importante en las rutas migratorias del Golfo de algunas especies canoras, también es el primer sitio seguro que encuentran después de 650 millas (1,040 km) de vuelo sin parar y es importante como sitio de descanso de muchas especies acuáticas (Waide et al. 1980 en Snedaker et al. 1991). Lynch (1989) reporta que 42 especies migratorias no invernales para la Península se pueden encontrar en el área. Aunque la Península de Yucatán no es considerada como sobresaliente por sus especies endémicas, Paynter (1955) reporta 70 especies y/o subespecies endémicas en la región, de las cuales casi 65 se pueden localizar en el APFFYB.

Especies acuáticas como el flamenco (*Phoenicopterus ruber*) tiene un rango de distribución muy restringido debido a sus requerimientos especiales de hábitat, alrededor de 60-

80,000 individuos aproximadamente quedan en toda la región del Caribe, encontrándose solo en tres sitios o poblaciones. La segunda colonia más grande es la que se localiza a lo largo del norte de la península de Yucatán (Aguirre- Álvarez 1989). Debido a su distribución restringida, están amenazados por enfermedades o desastres naturales como huracanes, así como por actividades humanas que alteran su hábitat. Una colonia importante de anidación está situada en Río Lagartos, área adyacente al APFFYB y las aves se dispersan a lo largo de toda la costa durante la temporada no reproductiva (Correa y Batllori 1990; Espino-Barros y Baldassare 1989).

Entre las aves que tienen algún estatus de riesgo se pueden mencionar al flamenco (*Phoenicopterus ruber*), así como el jabirú (*Jabirú mycteria*), la espátula rosada (*Plathalea ajaja*), el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), el halcón aplomado (*Falco femoralis*) reportado reproduciéndose en la costa norte de la Península de Yucatán, el Milano de Cabeza Gris (*Leptodon cayanensis*), el Milano de Pico de Gancho (*Chondrohieras uncinatus*), el Milano de Doble diente (*Harpagus bidentatus*), así como dos águilas neotropicales, la Negra (*Spizaetus tyrannus*) y la Ornada (*Spizaetus ornatus*), el pavo ocelado (*Agriocharis ocellata*), el hocofaisán (*Crax rubra*), el cojolite (*Penelope purpurascens*), la perdiz de Yucatán (*Colinus nigrogularis*) y el garzón cenizo en su variedad blanca (*Ardea herodias*). La actividad humana que ha modificado el hábitat a lo largo de las costas, y la intensa cacería, ya sea deportiva o de subsistencia a la que son sometidas especies como el pavo ocelado y el hocofaisán pone en estatus de riesgo a varias especies. Del loro yucateco se desconoce el estado actual de sus poblaciones, pero se ve afectado por la disminución del hábitat y la captura no regulada de que es objeto para el comercio de mascotas.

Respecto a las aves de presa, hay una alta diversidad de especies reportadas para el APFFYB, alrededor de 37 especies (67% de las especies encontradas en México), 9 de ellas migrantes y la mayoría potencialmente reproductivas en la zona. En general la zona resulto ser de gran importancia ecológica como sitios de reproducción (Hábitat donadores), de alimentación, de descanso y como sitio de escala durante las migraciones como se muestra en la siguiente figura, además de que las grandes concentraciones de aves acuáticas contribuyen probablemente aportando los nutrientes que seguramente coadyuvan en la producción orgánica que se refleja en la diversidad de las pesquerías. Además del valor agregado que ofrece el atractivo turístico de las colonias de aves.

En la **Figura IV_ 50** se muestra parte de la estrategia de las aves migratorias que utilizan los ecosistemas del norte de la península de Yucatán como sitios donde se reponen del esfuerzo migratorio, recargan sus reservas de grasa que es su combustible y en el caso de los movimientos norte sur después de cruzar el Golfo de México en una noche llegan exhaustos, estresados y hambrientos exactamente el zona de Holbox. Es por esto que se deben extremar las medidas de conservación del sitio.

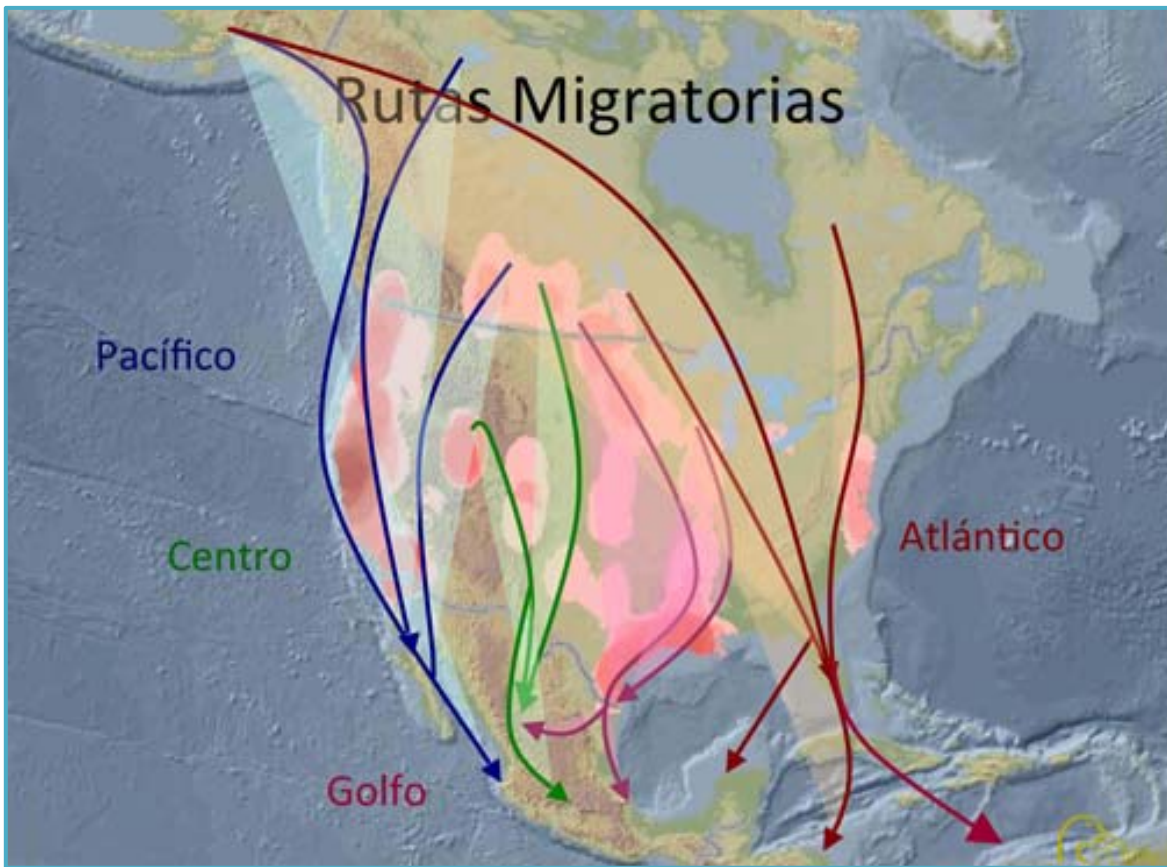


Figura IV_ 50. Rutas migratorias de las aves. Imagen tomada de Ducks Unlimited de México.

Durante la caracterización ambiental del proyecto se observaron aves marinas recorriendo la costa alimentándose y en sitios de percha (Figura IV_ 51).



Figura IV_ 51. Avifauna observada en el área de influencia directa. A-B) Avifauna, C) Ibis blanco *Eudocimus albus*, D) Flamenco americano *Phoenicopterus ruber*, E) Águila pescadora *Pandion haliaetus*, F) Garza blanca *Egretta alba*.

Herpetofauna

La más importante revisión bibliográfica de los anfibios y reptiles de la Península de Yucatán la constituyen los trabajos de Lee (1980 y 1996), en los cuales se discute el origen y la distribución de estos vertebrados. En la parte noreste de la Península, se han reportado 93 especies, siendo el 82% para el estado de Quintana Roo. De las 114 especies reportadas para Quintana Roo, 21 son anfibios y 93 reptiles. De acuerdo a Lee (1996) 72 especies han sido reportadas para la parte norte y sus áreas vecinas. Se ha mencionado que la porción norte de la Península de Yucatán tiene el mayor número de especies endémicas, con un total de 12, tres de las cuales han sido reportadas para el área de estudio: *Sceloropus cozumelae*, *Cnemidophorus rodecki*, *Ctenosaura similis* y *Symphimus mayae* (Figura IV_ 52). La primera tiene una distribución a lo largo de todo el norte de la

Península, la segunda solo se ha encontrado en el área, teniendo la otra una distribución desde el centro al norte de Quintana Roo (Lee, 1996). Existen poblaciones aparentemente saludables de dos especies de cocodrilo *Crocodylus moreletii* y *Crocodylus acutus*, la primera en todos los cuerpos de agua interiores y las sabanas y la segunda en las entradas de agua salada como Yalikín, Chipecté y Xuxub (Remolina, pers com.)



Figura IV_ 52. Iguana rayada *Ctenosaura similis*

Tortugas marinas

México tiene un programa nacional para la protección de la tortuga marina desde hace unos 25 años, situación que se ratificó en 1990 cuando se decretó la veda permanente para todas las especies de tortuga marina. Entre las especies amenazadas o en peligro de extinción que se encuentran en el Norte de Quintana Roo tenemos, entre los reptiles, a las tortugas marinas de carey (*Eretmochelys imbricata*), caguama (*Caretta caretta*), verde (*Chelonia mydas*), lora (*Lepidochelys kempii*), laúd (*Dermochelys coriacea*) y los cocodrilos (*Crocodylus moreletii* y *Crocodylus acutus*). En las playas de la Isla de Holbox, así como en las de Punta Caracol, anidan las tortugas marinas de Carey y Caguama. Además, existen evidencias de uso del hábitat marino por algunas otras especies como la Lora, Laúd y la Verde. (Emma Miranda, com. pers.).

Debido a la inadecuada vigilancia, y a la carencia de un programa de manejo de estas especies, se reportan casos de captura ilegal, así como la extracción y comercialización de los huevos. Asimismo, el desarrollo turístico costero, pone en riesgo los sitios de anidación al modificar artificialmente la estructura de la vegetación de las dunas costeras, así como por la incidencia de iluminación artificial frente a las playas de desove. La compactación de la duna costera por el tránsito turístico y la construcción de estructuras para favorecer los servicios al turista en la playa se han convertido en un obstáculo para el libre tránsito y natural selección de los sitios de anidación de las tortugas marinas. Se está observando en las playas un incremento en la construcción de “muros de contención” para proteger las casas habitación, comercios y hoteles de los embates de un eventual huracán. Estas estructuras son una barrera para el acceso de las tortugas para anidar en los sitios más protegidos de la playa. El resultado es que las

tortugas tienden a anidar en sitios expuestos al oleaje de un eventual mal tiempo, lo cual erosiona estos sitios de anidación y expone los huevos a la intemperie y a depredadores.

Mamíferos

Marinos

En la Península de Yucatán, incluyendo en el APFFYB, se encuentran representados 3 órdenes de mamíferos marinos: Cetácea, (con tres especies de delfines); Sirenia, (el Manatí del Caribe); y Carnívora, (con la nutria). El manatí se encuentra amenazado por la explotación humana de la que fue víctima, pudiéndose encontrar actualmente sólo en algunas áreas, incluyendo ésta (Colmenero, 1984; Colmenero y Hoz 1986). Registros recientes indican la importancia del APFFYB para la conservación del manatí, habiendo constancia de dos ejemplares en los últimos dos años, una cría y un adulto, muertos en circunstancias diferentes y desconocidas, uno en la zona de Xuxub y otra en la bocana de la Laguna Conil. Asimismo, se han encontrado grandes grupos de delfines dentro de esta laguna durante las épocas de apareamiento (mayo-julio) lo cual hace que el APFFYB junto el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos sean las únicas áreas protegidas en el sureste del país que cuentan con delfines.

Terrestres

Los trabajos realizados por Merriam (1901), Merans (1901, Allen y Osgood (1904) - hablan principalmente de la sistemática y distribución de las especies, y sirvieron de base a los trabajos de Gaumer (1917), mismos que proporcionaron material para el trabajo de Hall y Kelson (1959), el cual es un compendio de la distribución de las especies en Norteamérica y Centroamericana. Los trabajos de Lawlor (1965), Jones et al. (1973-74) y Genoways (1975) integran una relación de los mamíferos existentes en la península basados en la captura de ejemplares y comparados con aquellos depositados en museos de Estados Unidos. Recientes trabajos incluyen los de Lazcano et al. (1995); Navarro et al (1990), Snedeker et al. (1991) y Remolina (1995). Según la literatura consultada, la fauna de mamíferos de Quintana Roo comprende 11 órdenes, 31 familias y 88 géneros con 126 especies (Navarro 1990 y 1994), de las especies de mamíferos de Quintana Roo se han reportado 22 como endémicas de Mesoamérica (Flores y Gerez 1988).

En el caso de algunas especies consideradas según los listados dentro de algún estatus de riesgo, se han encontrado evidencias físicas o avistamientos de grupos numerosos de jabalí de labios blancos (*Tayassu pecari*), monos arañas (*Atelles geofroyii*) y aulladores (*Allouata pigra*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), numerosas cuevas y senderos de tepezcuintle (*Agouti paca*) y sereque (*Dasiprocta punctata*), avistamientos ocasionales de viejo de monte (*Eira barbara*), grisón (*Galictis vittata*), martuchas (*Potos flavus*) y venado temazate (*Mazama americana*). En la zona se encuentran también tlacuachillo dorado (*Coloromys derbianus*), el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), el cacomixtle tropical (*Bassariscus sumichrasti*), el tapir (*Tapirella bairdii*), el jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Felis concolor*), el ocelote (*Felis pardalis*), el yaguarundí (*Felis jaguaroundi*) y el tigrillo o margay (*Felis wiedii*).

IV.3.2.3.2 Flora

Con base en la carta de uso del suelo y vegetación, editada por el INEGI en 1984, se establece que la cubierta vegetal original primaria de la Isla Holbox corresponde a los siguientes tipos de vegetación: **TP:** Actividad agrícola de temporal y cultivos permanentes, **Ma:** Manglar, **Vu:** Vegetación de duna costera. Sin embargo, con base en lo observado en la caracterización ambiental del proyecto se dividió en flora marina (algas y pastos), duna costera, matorral costero, manglar y vegetación secundaria.

Flora marina (algas y pastos)

Durante la caracterización se registro una escasa presencia de flora marina. Del frupo de las algas solo se observaron organismos flotando del grupo de las rodofitas, sargazo acumulado en la playa y algas verdes como *Codium* sp. En la porción suroeste cercana a la laguna se pudo apreciar algunos parches de pasto marino (*Thalassia testudinum*) de no más de 6 metros de diámetro, así como grandes extensiones al interior de la Laguna Conil (**Figura IV_ 53**).



Figura IV_ 53. Algas observadas, A) Alga rodofita, B) Pasto Marino (*Thalassia testudinum*), C-D) Acumulación de sargazo.

Duna costera

La flora de dunas costeras está conformada por un conjunto de especies que solamente se distribuye en las costas y otro conjunto de especies frecuentemente en otras comunidades tierra adentro, tanto primarias como secundarias. Frecuentemente, existen especies invasoras y secundarias que se establecen en los sistemas de dunas encontrando condiciones adecuadas para reproducirse.

Las dunas costeras están formadas por una playa, dunas embrionarias y por una serie de acumulaciones de arena bajo diferente grado de fijación del sustrato y cuya orientación depende de la dirección del viento, responsable principal de su formación. Se caracterizan, sobre todo en las playas y las primeras etapas de colonización, por un sustrato móvil, como es el caso del área muestreada, tratándose de la parte próxima al mar, en los primeros 100 m.

Este tipo de vegetación presenta comúnmente dos zonas, una dominada por especies pioneras, y otra por especies que se desarrollan a manera de matorral. Las plantas pioneras se encuentran creciendo sobre la arena móvil y típicamente están conformadas por las siguientes especies: *Sesuvium portulacastrum*, *Ageratum littoralis*, *Portulaca oleracea*, *Canavalia rosea*, *Euphorbia buxifolia*, *Cakile lanceolata*, *Ipomoea pes-caprae*, *Sporobolus virginianus*, *Ambrosia hispida* y *Lippia reptans*. En la parte de matorral de este tipo de vegetación las especies más comunes son *Suriana maritima*, *Tournefortia gnaphalodes* y *Scaevola plumieri*, en una zona denominada de arbustos "rompe-vientos", en tanto que en la parte con mejor desarrollo estructural, se encuentran especies como *Bravaisia tubiflora*, *Thevetia gaumeri*, *Thrinax radiata*, *Coccothrinax readii*, *Coccoloba uvifera*, *Ernodea littoralis*, *Bumelia americana*, *Jaquinia aurantiaca*, *Krugiodendron ferreum*, *Metopium brownei*, *Cordia sebestena*, *Opuntia dilenii*, *Selenicereus donkelarii* y *Agave angustifolia*. En el Área de Protección de Flora y Fauna Yumbalam, este tipo de vegetación se encuentra únicamente en la porción arenosa de la isla Holbox, ocupando el 1.25 % de la superficie total. Comúnmente se intercala con manglares en las partes bajas de la duna. Estos manglares se les han dado el nombre de manglar de salitral (Trejo-Torres et al. 1991) y forman un complejo mosaico con la vegetación de duna costera (**Figura IV_ 54**).



Figura IV_ 54. Vista de la vegetación pionera de duna costera.

Matorral costero

Esta comunidad es florísticamente más diversa que la zona de pioneras, ya que la constituyen especies herbáceas, así como un gran número de especies arbustivas y del estrato arbóreo. Esta comunidad se distribuye en la cresta y la parte protegida de la duna y encuentra su límite en la zona ocupada por el manglar. La altura que alcanza el matorral costero varía entre 2 y 4 m de altura, formando una vegetación densa e impenetrable. El sustrato que soporta esta vegetación es de tipo arenoso, de grano fino, muy profundo y poca materia orgánica.

El matorral que se desarrolla después de la zona de pioneras, se compone de especies que alcanzan una altura alrededor de 2 m, destacando *Coccoloba uvifera*, *Pithecellobium keyense*, *Sideroxylon americanum*, *Flaveria linearis*, individuos relativamente jóvenes de *Thrinax radiata* y *Metopium brownie*, así como individuos de la especie cultivada *Cocos nucifera*. En esta porción de la isla, en la zona del matorral colindante con el manglar se distinguen un mayor número de individuos de las especies *Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata*. La zona de manglar se encuentra a los 600 m aproximadamente de la playa y se compone, el estrato arbóreo, de las especies *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, y el estrato herbáceo de *Distichlis spicata* (Figura IV_55).



Figura IV_55. Diferentes aspectos del matorral costero

Manglar

El término mangle deriva de una combinación de la palabra portuguesa árbol (“mangue”) y la palabra inglesa utilizada para referirse a una zona de árboles (“arboleada”). Dicho término es ecológico y se utiliza para incluir los arbustos y árboles (dicotiledóneas y monocotiledóneas) que viven en las zonas intermareal y submareal somera de las marismas de mareas tropicales y subtropicales. Un bosque de mangle se conoce también como manglar.

El manglar se desarrolla en suelos fangosos de tipo margoso, de color gris a pardogrisáceo, poco profundos, que pueden durar semanas, meses o todo el año cubiertos de agua, la cual puede ser dulce, salobre o salada. Las especies que lo componen son plantas hidrófitas que poseen diversas adaptaciones fisiológicas y morfológicas para tolerar las condiciones de inundación y salinidad bajo las que crecen (Flores y Espejel, 1994).

De manera general, para el estado de Quintana Roo los mangles se caracterizan por la presencia de cuatro especies como son: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo); las cuales se encuentran bajo protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010. En el caso de esta última especie se argumenta que no es un manglar en el sentido estricto, toda vez que no presenta el comportamiento típico de estas especies que es la germinación en la propia planta, la que también se ha denominado germinación vivípara. En la Isla se observaron las cuatro especies de manglar reportadas para México.

El manglar es un tipo de vegetación abundante en la Isla Holbox, su presencia domina a lo largo de la porción sur formando una franja que se ensancha en los extremos de la Isla. Se observaron cuatro especies de manglar, dos de ellas estuvieron relacionados con las zonas de inundación localizadas al sur de la Isla, estas fueron el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y el mangle prieto o negro (*Avicennia germinans*); las dos especies restantes fueron el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*), este último se localizó en zonas menos propensas a inundación y cerca del borde norte de la Isla, en su porción oeste (**Figura IV_ 56**).



Figura IV_ 56. Tipo de manglar que se encuentra en la parte sur de la isla

Vegetación secundaria

Una extensión importante de vegetación natural transformada en agricultura son los cultivos de cocotero (*Cocos nucifera*), presentes en casi toda la franja costera de la isla de

Holbox y que sustituyeron una buena porción de matorral de duna costera (Figura IV_57).



Figura IV_ 57. Ejemplares de palma de coco *Cocos nucifera* en la Isla de Holbox

IV.3.2.3.3 Fauna en el sedimento

Con la finalidad de determinar si en la arena a relocalizar se encontraba alguna especie con categoría de protección, ni se encontraron organismo de importancia ecológica ni pesquera, se recolectó del sedimento en tres estaciones dentro de la zona de disposición de arena (Figura IV_ 58).

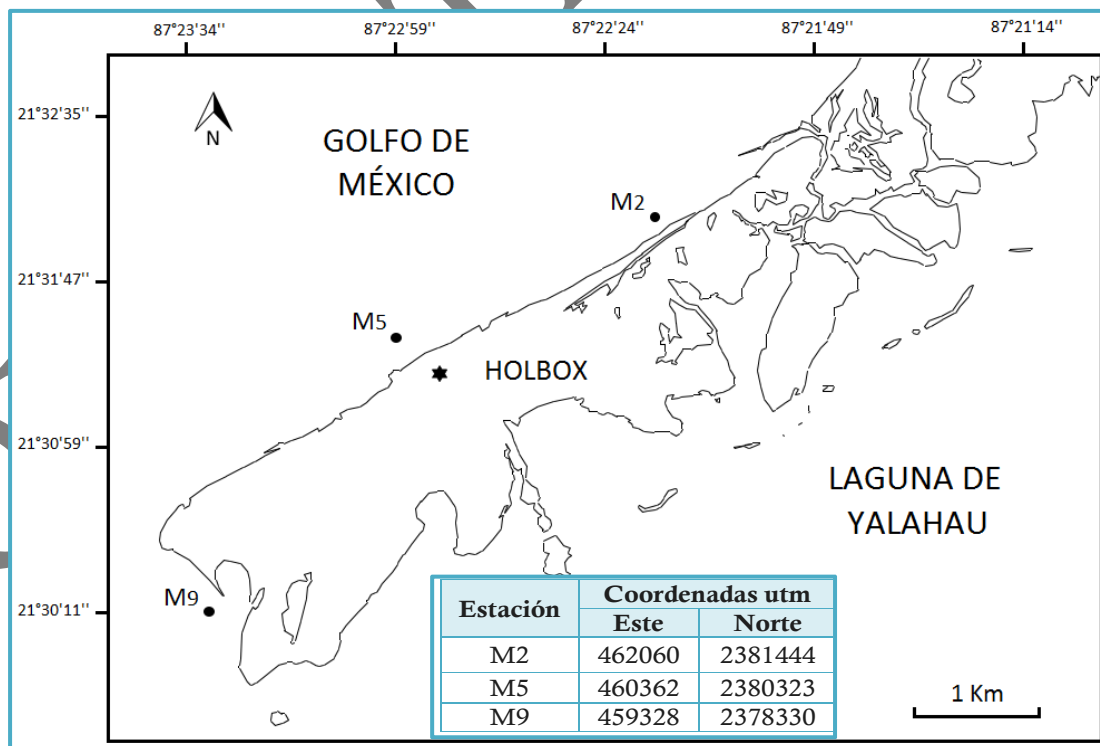


Figura IV_ 58. Ubicación de las estaciones de muestreo.

La metodología utilizada fue la siguiente:

- **Recolección de sedimento:** Se realizó una recolecta de sedimento en las 3 estaciones seleccionadas mediante buceo libre y con ayuda de nucleadores fabricados con PVC, los cuales tuvieron una dimensión de 10 cm de diámetro por 7 cm de alto. Las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas debidamente etiquetadas y mantenidas a 4°C para su ulterior análisis en el laboratorio.
- **Recuperación de los organismos:** La recuperación de los organismos se llevó a cabo en el Laboratorio de Conservación, Biología y Cultivo de Moluscos del Cinvestav IPN Unidad Mérida. Se filtró el sedimento utilizando un tamiz con abertura de malla de 1 mm. El material retenido en dicho tamiz, fue preservado en alcohol al 70% para posteriormente ser teñido con rosa de Bengala, lo que permitió que todos los organismos se tiñeran de un color rosa intenso, facilitando su observación y su recuperación de la muestra de arena, realizándose el trabajo bajo microscopio estereoscópico. Por último, los organismos fueron separados, contados e identificados a la categoría Taxonómica más precisa mediante claves Taxonómicas especializadas, microscopios estereoscópicos y compuestos.
- **Identificación de organismos:** La clasificación de los organismos se realizó en base a las guías ilustradas de Medina et al.(2006) y de Abbot (2001), así como con los trabajos de Ekdale (1974), Salazar-Vallejo & Carrera Parra (1997), Pliego-Cárdenas & González-Pedraza (2011) y Perrilliat & Flores Guerrero (2011). Las especies de moluscos en las que se recolectaron organismos vivos, se identificaron con un asterisco (*).

Resultados

En las muestras de arena de la zona de disposición se encontraron se obtuvo un total de 17 Taxa agrupados en 3 Phyla, 4 clases, 8 órdenes y 11 familias. El Phylum mejor representando en números de Taxa fue Mollusca (12), seguido de Arthropoda (3) y finalmente Annelida (2, **Figura IV_ 59**).

La estación M2 fue la más rica en especies (15), seguida de la M5 (11) y por último la M9 (10). Los moluscos fueron el Phylum con mayor riqueza en las tres estaciones; seguido de artrópodos, con 2 especies en las estaciones M2 y M9; por último, los anélidos y los nematodos, mostraron el mismo número de especies (1) en las tres estaciones (**Figura IV_ 60, Tabla IV_ 14**).

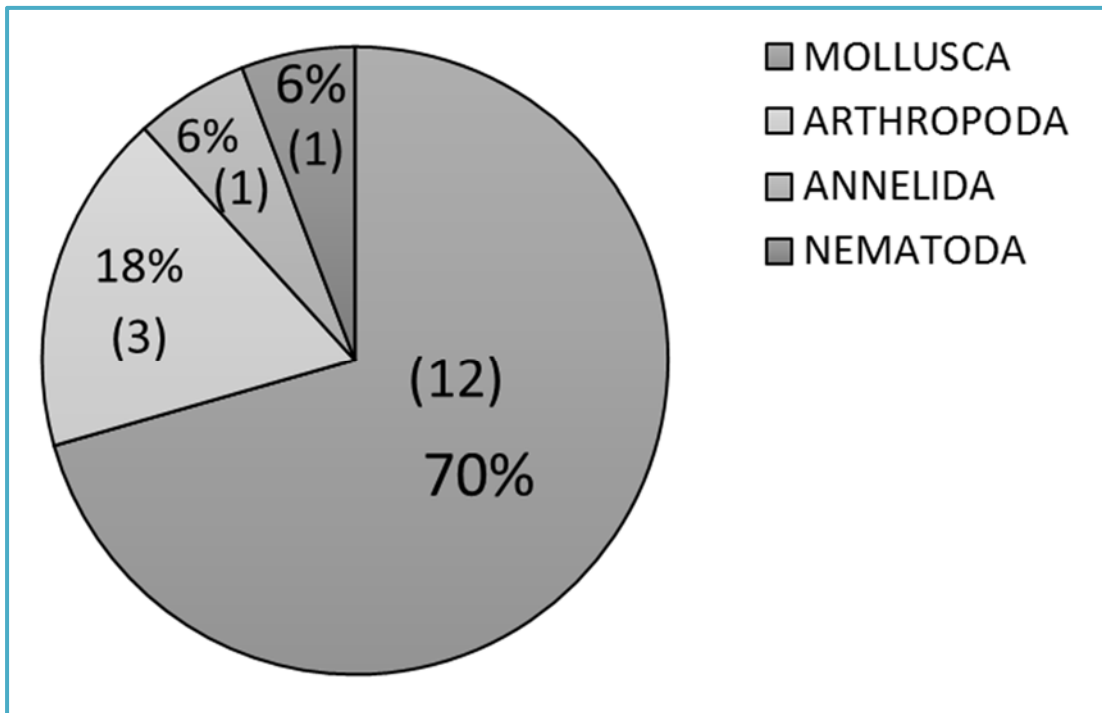


Figura IV_ 59. Porcentaje de Taxa perteneciente a cada uno de los Phyllum presentes en las tres estaciones. Los valores entre paréntesis, indican el número de Taxa.

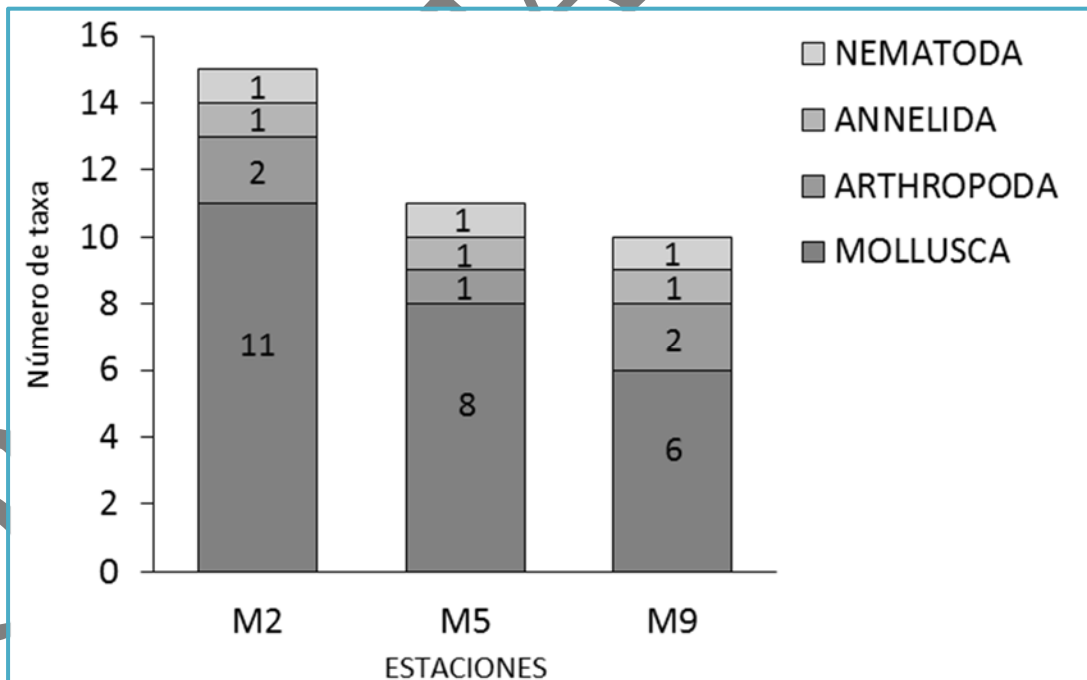


Figura IV_ 60. Riqueza de especies para cada Phyllum en las 3 estaciones estudiadas.

Tabla IV_ 14. Composición de la fauna bentónica.

Phyllum	Clase	Taxon	Estación		
			M2	M5	M9
Mollusca	Bivalvia	Dosinia elegans	95	23	20
		Mactra fragilis	14	5	5
		Papyridea soleniformis	104	35	6
		Glycymeris pectinata	-	2	1
		Arca sp.	2	-	1
	Gastropoda	Crepidula sp.	4	13	-
		Natica sp.	2	1	-
		Kurtziella cerina	2	-	-
		Olivella floralia	5	-	-
		Scaphander punctostriatus	2	-	-
		Cerithium sp. 1	17	5	-
		Cerithium sp. 2	2	2	1
Annelida	Polychaeta	Polychaeta1	8	7	16
Nematoda	-	Nematoda 1	2	3	4
Arthropoda	Malacostraca	Apseudes sp.	-	1	1
		Tanaidacea 1	1	0	1
		Amphipoda1	3	0	-

En la **Figura IV_ 61** se presentan las microfotografías (con escalas) de la diversidad de moluscos encontradas en las estaciones estudiadas. La **Figura IV_ 62**, muestra a los crustáceos, poliquetos y nematodos presentes en las mismas muestras.

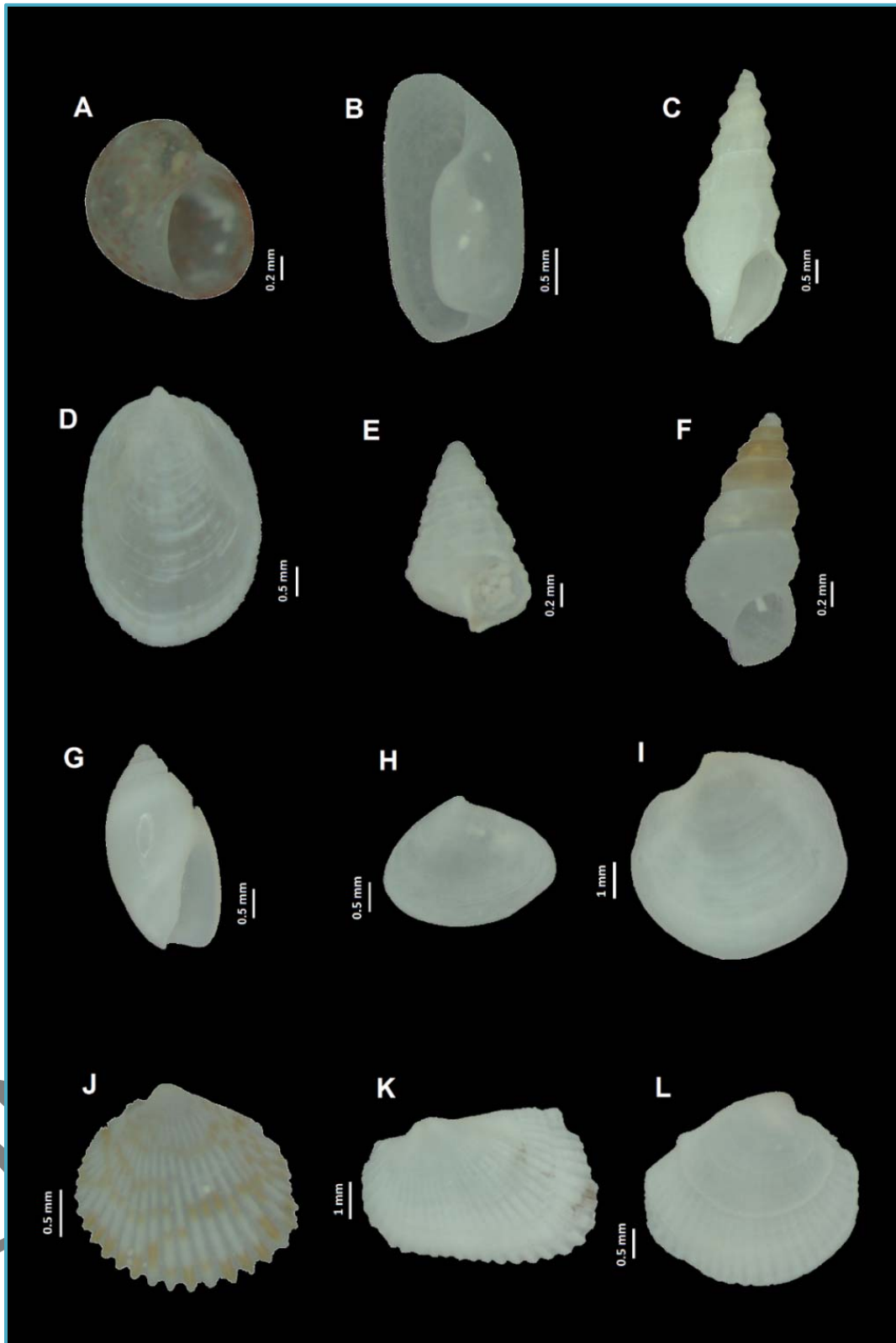


Figura IV_ 61. Composición de especies de moluscos. A. *Natica* sp.; B. *Scaphander punctostriatus*; C. *Kurtziella cerina*; D. *Crepidula* sp.; E. *Cerithium* sp.1; F. *Cerithium* sp.2; G. *Olivella floralia*; H. *Mactra fragilis*; I. *Dosinia elegans*; J. *Glycymeris pectinata*; K. *Arca* sp. y L. *Papyridea soleniformis*.

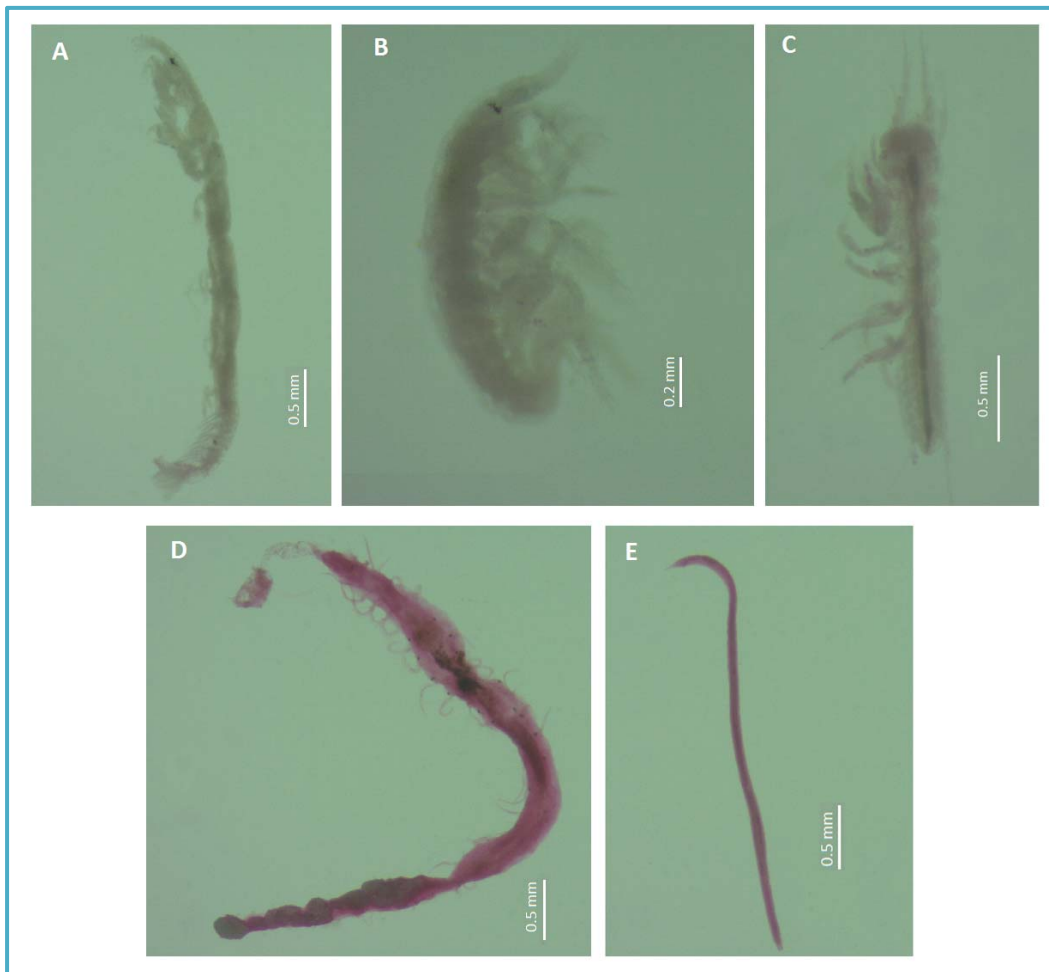


Figura IV_ 62. Composición de especies de crustáceos, poliquetos y nematodos. A. Tanaidacea 1; B. Amphipoda 1; C. *Apseudes* sp.; D. Polychaeta 1 y E. Nematoda 1.

El Phylum más abundante fue Mollusca (88.7%), seguido de Annelida (7.4%) y en menor proporción Nematoda (2.2%) y Arthropoda (1.7%). La estación M2 tuvo el mayor número de organismos del muestreo (263); mientras que la estación M9, con 56 individuos, fue la que registró la abundancia más baja (**Figura IV_ 63**).

Los bivalvos, gasterópodos y una especie de poliqueto se encontraron dentro de los cinco Taxa dominantes en términos de abundancia y proporción. Las especies de bivalvos *Papyridea soleniformis* y *Dosinia elegans*, presentaron la mayor abundancia del muestreo (145 y 138 organismos respectivamente, **Figura IV_ 64**).

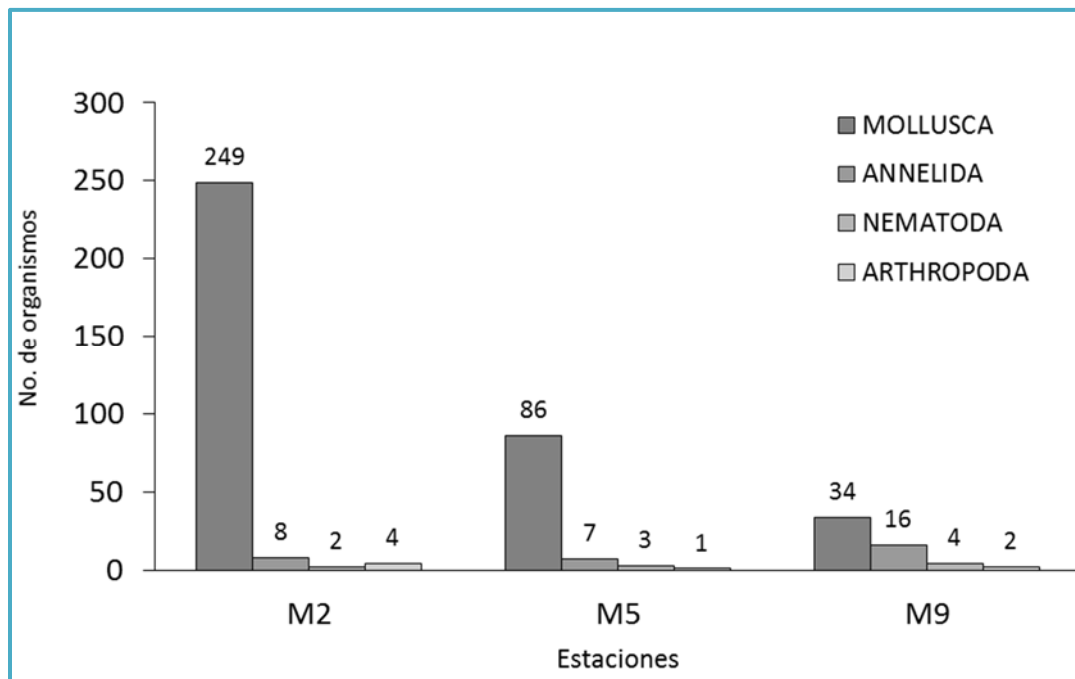


Figura IV_ 63. Número de organismos de cada Phylum presentes en las tres estaciones.

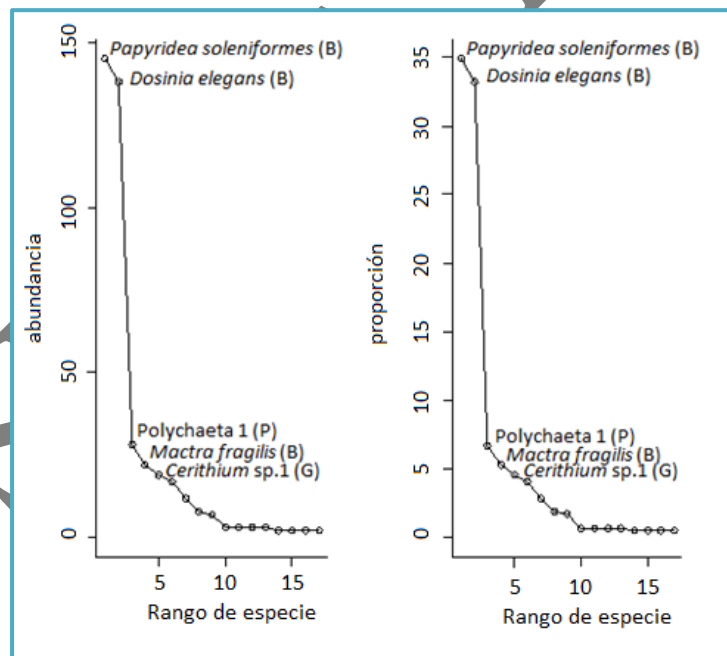


Figura IV_ 64. Composición general (abundancia y proporción) de los principales Taxa del área de estudio. (B), Bivalvia; (G), Gastropoda y (P) Polychaeta. El Rango de especie, se refiere a la jerarquía que tuvieron las especies de acuerdo a su abundancia.

La composición de especies fue similar entre las tres estaciones pero con abundancias y proporciones variables. En la estación M2, la composición de los Taxa fue similar a la

composición general, a excepción del *Polychaeta 1*, que estuvo en menor abundancia y proporción. En cuanto a la estación M5, *P. soleniformis* y *D. elegans* mantuvieron su dominancia y adicionalmente gasterópodos como *Crepidula sp.*, y las especies *Polychaeta 1* y *Nematoda 1* presentaron abundancias y proporciones considerables. Finalmente, la estación M9 registró las menores abundancias y proporciones, en donde la dominancia de *P. soleniformis* es sustituida por el *Polychaeta 1* (Figura IV_ 65).

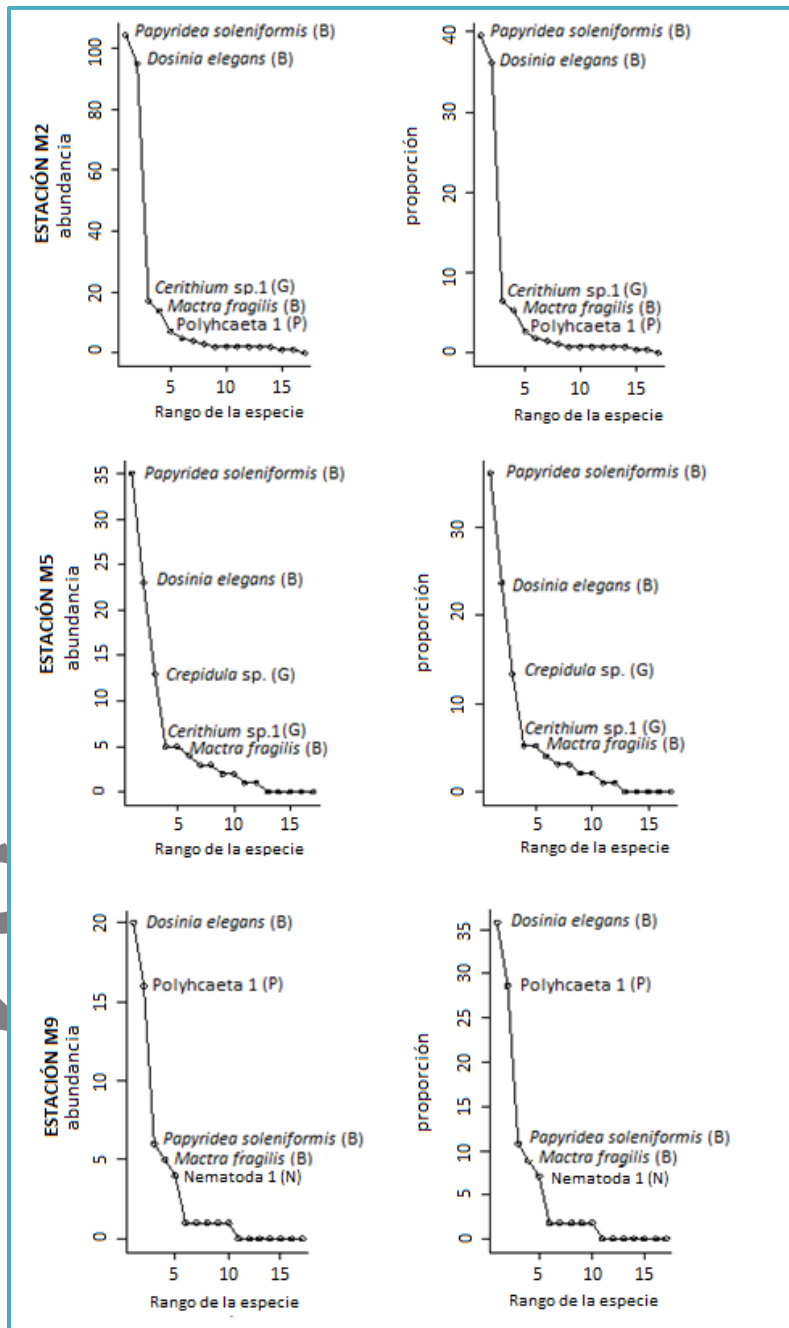


Figura IV_ 65. Composición por estación (abundancia y proporción) de los principales Taxa. (B), Bivalvia; (G),Gastropoda; (P), Polychaeta y (N) Nematoda.

IV.3.2.3.4 Especies protegidas

De acuerdo a la información recabada en el SAR realizados se encontraron 19 seis especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo las especies más frecuentes en el área de influencia directa la cacerolita de mar, la iguana rayada, el flamenco rosado, el mangle botoncillo, la palma chit y nacax, etc., (Tabla IV_ 15).

Las especies mencionadas no serán afectadas por las obras y actividades del proyecto dado que se establecerán medidas de mitigación como en el caso de las tortugas y la cacerolita de mar.

Tabla IV_ 15. Especies protegidas registradas para el área de estudio.

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Estatus
REPTILES			
Chelonidae	<i>Caretta caretta</i>	Tortuga cahuama	Peligro de extinción
	<i>Chelonia mydas</i>	Tortuga blanca	Peligro de extinción
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Tortuga carey	Peligro de extinción
Dermochelidae	<i>Dermochelys coriacea</i>	Tortuga laud	Peligro de extinción
Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada	Amenazada
AVES			
Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	Protección especial
Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	Garza morena	Protección especial
	<i>Egretta rufescens</i>	Garza melenuda	Protección especial
Ciconidae	<i>Mycteria americana</i>	Gaytán	Protección especial
Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	Protección especial
Laridae	<i>Sterna antillarum</i>	Golondrinita marina	Protección especial
Phoenicopteridae	<i>Phoenicopus ruber</i>	Flamenco rosado	Amenazada
Vireonidae	<i>Vireo pallens</i>	Vireo manglero	Protección especial
FLORA			
Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Palma nacax	Amenazada
	<i>Thrinax radiata</i>	Palma chit	Amenazada
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle botoncillo	Amenazada
	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco	Amenazada
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	Amenazada
Verbenaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Mangle negro	Amenazada

IV.3.2.4. *Medio socioeconómico*

En 1902 fue creado el territorio federal de Quintana Roo y para 1910 la población del estado se agrupó en ocho municipios, ubicando a Holbox en la zona norte junto con Cozumel e Isla Mujeres. En 1975, se reorganiza el estado y se crea Lázaro Cárdenas con cabecera en Kantunilkín, que ahora incluye a Holbox.

En este municipio predominantemente rural, destacan los poblados de Holbox, Solferino, Chiquilá, San Ángel y Nuevo Xcan; tiene 264 localidades y 93% de sus tierras son ejidales, entre ellas el ejido Holbox, creado en 1938.

IV.3.2.1. *Gobierno*

Kantunilkín es la cabecera municipal y centro comercial y de servicios del municipio. Su población es de aproximadamente 5,400 habitantes y la distancia a la capital del Estado es de 400 Km. Las principales actividades de su población están relacionadas con la agricultura, ganadería, forestal y apicultura, además del comercio y servicios.

La isla de Holbox es una población dedicada básicamente a la pesca y en menor proporción al turismo. Se comunica con el Municipio a través de un transbordador con terminal en Chiquilá. Cuenta aproximadamente con 1,000 habitantes, en su mayoría de origen veracruzano, y dista aproximadamente 40 km. por tierra más 10 Km. por mar, de la cabecera municipal. Constituye la única Alcaldía del municipio.

IV.3.2.2. *Demografía*

En 1981 había en la Isla de Holbox menos de 800 habitantes con residencia en el sitio. Para 1995 el número de pobladores fue de un total de 947 habitantes, lo que mostró un crecimiento mínimo durante dicho periodo. De 1995 al 2000 la población aumentó en un 64%, lo que muestra un crecimiento explosivo de la población en cinco años. Lo anterior determina una diferencia notable con el crecimiento mostrado a escala del municipio, donde la tasa de crecimiento media anual fue de 30% entre 1980 y 1990, descendiendo a 2.5 entre 1990 y 1995.

Para el censo de población del año 2000, se reportaron en la Isla de Holbox 1,276 habitantes, que para el 2009 se estimó un tamaño de población por encima de los 2,000 habitantes (datos no oficiales). El incremento de la población ha sido resultado, de manera principal, a la inmigración de personas provenientes del interior del estado y del país, así como de un número creciente de inversionistas extranjeros que se encuentran desarrollando actividades relacionadas con el sector turístico en la isla (INEGI, 1998).

Es durante las temporadas turísticas que mucha gente se mueve a la Isla donde las ofertas de trabajo se multiplican, mientras que durante las temporadas bajas, la actividad humana se refleja en la escasa presencia de personas en las calles a cualquier hora del día.

IV.3.2.3. *Migración*

En la Isla Holbox y en áreas aledañas, se ha manifestado desde hace ya algunas décadas un proceso de inmigración, particularmente en la Isla. Por ejemplo, la población de Chiquilá que se ubica como sitio de tránsito para acceder a la Isla Holbox, aproximadamente 10 kilómetros al sur, en su totalidad se haya compuesta por inmigrantes, en su mayoría veracruzanos, que llegaron en un proceso de colonización dirigida durante la década de los setenta. El proceso migratorio se ha visto acentuado en años recientes debido a dos causas principales: una es que el área se ha visto menos afectada por la sobre-pesca, lo que ha atraído a pescadores de otras localidades de la

región, quienes encuentran en el sitio condiciones adecuadas para la realización de su actividad; en tanto que en sus lugares de origen la pesca se ha visto abatida tanto por el incremento de los pescadores, como por la introducción y mejoramiento de las artes de pesca utilizadas más recientemente.

El otro proceso que se encuentra relacionado con el crecimiento actual de la población tiene que ver con la actividad turística. En efecto, el potencial ha sido considerado como elevado y prueba de ello es la actual demanda de terrenos para tal fin y los costos actuales alcanzados, que se cotizan en dólares. Por ejemplo, una muestra de 300 encuestados demostró la variabilidad de los lugares de origen de los encuestados.

Por otra parte, en Isla Holbox se presenta una población con características migratorias pendulares, donde decenas de personas se allegan todos los días o de manera temporal cada semana, misma que se encuentran ligados a la industria de la construcción y la venta de productos regionales como es la fruta de temporada. La mayoría de estas personas provienen de comunidades localizadas en el interior del municipio de Lázaro Cárdenas. Albañiles y palaperos, al igual que vendedores de frutas y productos locales van y vienen de la isla todos los días. No se cuenta con datos precisos de este tipo de movimiento temporal, pero se considera en varias decenas de personas las que se mueven bajo este esquema migratorio. Algunos, los que llegan de sitios más alejados, pueden permanecer en la isla durante la semana y salen de ésta los fines de semana.

IV.3.2.4. *Salud*

En Holbox se cuenta con un centro de salud con atención de primer nivel proporcionado por SESA. Sin embargo, dificultades en la obtención de servicios médicos y la ausencia de médicos particulares ha sido causa reciente de descontento por parte de los habitantes locales, quienes pugnan por un servicio más seguro. Así, en Holbox existen aproximadamente 0.3 médicos por cada 1000 habitantes (Centro de Salud de Holbox). Se trata de un problema con consecuencias potenciales graves ya que el crecimiento de la población y la llegada de la temporada del turismo no ha podido ser debidamente cubierto por el servicio, y las situaciones lamentables se han venido acumulando lenta pero progresivamente por lo que ya se requiere de soluciones inmediatas para atender la seguridad en la salud de la población. Sobre todo, si se toma en cuenta que las otras clínicas más cercanas se localizan a más de 50 km de la Isla, contando la mayoría de ellas con deficiencias similares, mientras que los hospitales mejor equipados se encuentran hasta las ciudades de Cancún y Mérida, a cientos de Km del sitio.

IV.3.2.5. *Vivienda y Urbanización*

El sitio del proyecto se encuentra ubicado dentro de la superficie de crecimiento poblacional de la isla Holbox. Al presente, todos los terrenos aledaños han sido fraccionados y construidos en su mayoría dentro del área urbana ya desarrollada, mientras que, hacia la porción occidental de la isla, el proceso urbano ha sido más lento, pero ya se denota inminente con la dotación de servicios municipales en un tramo

considerable y la construcción de un hotel en la punta occidental, conocida como Punta Casco. De hecho, los predios aledaños al sitio se encuentran delimitados y con propietarios quienes los adquirieron a través de una cesión de derechos por algún ejidatario y tanto en el predio occidental, como al sur ya se presentan casas habitadas.

En el área de la Isla Holbox se manifiesta ya una escasez de viviendas con relación a la demanda tanto para predios particulares (los hijos que se independizan) como para la vivienda de inmigrantes o de migrantes pendulares. Los mismos miembros de los pobladores locales enfrentan actualmente la dificultad para obtener predios debido a que la mayoría de estos son cotizados en dólares y suelen quedar fuera del alcance de sus capacidades económicas.

También, luego del fenómeno económico que ha significado el nado con el tiburón ballena, la migración a la isla se ha acelerado de manera temporal y, en menor medida todavía, definitiva. Por lo anterior, en el área del poblado se ha disparado la construcción de cuartos en conjuntos de habitaciones construidas dentro de los mismos predios que habitan los propietarios. Así, se construyen pequeños edificios de una o dos plantas y al presente se presentan ya varias decenas, construidas luego del paso del huracán Wilma. También se menciona que este evento ha marcado la decisión de edificar con materiales resistentes y en segundas plantas, ya que las inundaciones han sido más nocivas que los vientos de los huracanes.

En el presente, la mancha urbana se extiende sobre lo que se ha denominado la “isla Chica” de Holbox que abarca unos diez km de largo. Los otros 30 km que se extienden al oriente de la isla se encuentran bajo un proceso de “lotificación” y venta y dentro de los planes del ejido se ha mencionado, e incluso ha sido señalado en algunos documentos, la localización de áreas para un nuevo centro de crecimiento poblacional (PUHAC, 2001).

Hasta el 5 de noviembre de 1995 en isla Holbox se contabilizaron 253 viviendas particulares habitadas (INEGI, 1998). Para el 2007, ya se había definido la situación del área de la ensenada, la cual ha sido lotificada en predios de cuatro hectáreas y puestos a la venta por un fideicomiso que involucra al ejido local con empresarios nacionales. Los predios se encuentran en venta a través de una página de Internet y el costo ahí descrito asciende al millón de dólares por parcela.

IV.3.2.6. *Empleo y Economía*

Existen 7 cooperativas pesqueras que se dedican a capturar principalmente: langosta, pulpo y caracol de los moluscos; de las especies de escama se tienen a pámpano, mero, pargo, bonito y boquinete, capturados entre mar territorial y plataforma marítima continental; además de un sistema de lagunas estuarinas que comprenden una superficie de 76,240 kilómetros cuadrados, y 110 mil hectáreas de aguas continentales. Sin embargo, la importancia de esta actividad económica en el ámbito nacional ha sido poco significativa.

Los lugares donde se puede pescar a gran escala, en la Isla Holbox, se encuentran de 20 minutos a una hora de distancia del muelle privado del Hotel Faro Viejo y por lo general tienen una profundidad que va desde un metro y medio hasta los tres metros.

IV.3.2.6.1 Actividades económicas

Las principales actividades económicas en el municipio son:

- **Agricultura:** En la mayoría de las localidades del municipio de Lázaro Cárdenas se cultiva maíz intercalado con calabaza, chile y tomate, en terrenos no mecanizados y de temporal. También se cultiva el frijol, chile habanero y serrano, hortalizas y frutales destacando la sandía, la naranja y el limón.
- **Ganadería:** Constituye una actividad importante. Se tienen explotaciones extensivas de ganado bovino para producción de carne y leche con un inventario de alrededor de 10,000 cabezas de ganado, en menor escala operan criaderos de ganado porcino, ovino, caprino y aves.
- **Apicultura:** Considerada como una actividad complementaria, la producción de miel y cera que se destina principalmente a la exportación son importantes en la economía de los campesinos. Se tienen alrededor de 6,500 colmenas.
- **Forestal:** La producción forestal maderable es principalmente de especies corrientes tropicales como el ciricote, chechén, negrito, etc., y en menor escala de especies preciosas como el cedro y la caoba, el nivel de explotación es de alrededor de 900 metros cúbicos. Existe una fábrica para la producción de duela y lambrín. También se produce carbón vegetal y chicle.
- **Industria:** La principal industria es la fábrica de lambrín y duela situada en El Ideal, en Kantunilkin existe una bloquera ejidal; también se tiene una planta purificadora de agua, una de jarabe de horchata, de hielo y la fabricación de muebles.
- **Comercio:** No existen grandes centros comerciales pues éste se concentra en la cabecera municipal que a su vez es abastecida principalmente de Valladolid, Yucatán y Cancún. En Zaragoza existen comercios con artículos de exportación.
- **Pesca:** Constituye una actividad importante en la economía del municipio, con un amplio potencial que actualmente no es explotado. Existen 7 cooperativas pesqueras. Las principales especies que se capturan son: langosta, pulpo y caracol y entre las especies de escama el pámpano, mero, pargo, bonito y boquinete.
- **Producción pesquera:** La pesca constituye la actividad más importante para las comunidades del norte del municipio de Lázaro Cárdenas. Esta zona es una de

las más ricas del Estado de Quintana Roo: se captura aproximadamente el 31% de la producción estatal, esto por estar ubicado enfrente de la Plataforma Continental de Yucatán. La pesca representa la actividad económica con mayores rendimientos para las comunidades de Holbox y Chiquilá. La zona de pesca abarca desde los límites con Yucatán hasta Cabo Catoche, y es reforzado por la existencia de campamentos desde el Noreste de Holbox hasta Cabo Catoche y Boca Iglesias. La explotación pesquera en la zona tiene su origen con el poblamiento de la costa de Holbox a finales del S. XIX. Dachary calcula para esa época una población cercana a 300 habitantes, los cuales se dedicaban a la captura de tortuga Carey, que era vendida en las Honduras Británicas para la producción de aceite. Otras especies capturadas eran: tortuga verde, tortuga caguama, manatí, foca monje del Caribe (*Monachus tropicalis*), delfín bufeo y diversas especies de tiburón, los cuales eran destinados para la fabricación de aceite para maquinaria, cordelerías y talabarterías. (Marín Guardado. p.69, 1999). Sin embargo, la sobreexplotación y la falta de mercado dieron inicio al declive de la captura de estas especies en los años 30's. Pero con la apertura del mercado norteamericano para la obtención de vitamina "A" comienza la captura del tiburón. Dicho período abarcaría hasta finales de los años 40's, cuando se logra la síntesis de la vitamina. Una década más tarde, el gobierno federal promoverá la formación de las primeras cooperativas de Quintana Roo, destinadas a la captura de langosta. Hasta la década de los sesenta, los habitantes de las comunidades costeras pescaban para fines de autoconsumo, aun cuando una parte de la captura era comercializada en forma asada o seco-salado, por ser estos los únicos procedimientos de conservación accesibles a ellos. Las pesquerías marinas se incrementaron notablemente durante los años setenta cuando se propagó el uso de motores y de embarcaciones de fibra de vidrio, el hielo y las cámaras de refrigeración. En los últimos años ha habido un cambio radical en el tipo de pesquerías que se practica al orientarse la producción hacia el mercado para el consumo humano directo, desde luego la influencia del mercado transformó las pesquerías, convirtiéndolas prácticamente en mono-específicas, al privilegiarse aquellas con mayor demanda.

La actividad pesquera de la región está pasando actualmente por una crisis de producción reflejada en una disminución en los rendimientos de captura. El incremento en el número de embarcaciones dedicadas a la pesca de recursos cada vez más limitados, y la falta de tecnologías apropiadas son las principales causas de esta crisis. Durante el presente año se han vivido de manera más cruda las consecuencias de estas pesquerías mono-específicas al percatarse los pescadores de que los recursos han bajado en calidad, pero peor aún, en cantidad. Es así que en las recientes temporadas las capturas de pulpo, mero, langosta y en particular camarón, fueron significativamente inferiores a las de años anteriores. Aparte de las causas señaladas, existen otras como el deterioro ambiental, la violación de tallas mínimas y épocas de veda y el incremento en los precios de los insumos. Aunque la mayor parte de la actividad pesquera se lleva a cabo en el mar, la pesca en la Laguna de Conil o Yalahau representa, sobre todo en la época de nortes, la única opción de subsistencia para los pobladores de la región. Sin embargo,

debido al gran número de embarcaciones dedicadas a la actividad, así como el uso de artes de pesca inadecuadas, se hace necesaria tanto la regulación de las pesquerías como la implementación de sistemas acuícolas que permitan incrementar la producción conservando los recursos, todo ello como parte de una estrategia integral de manejo de los recursos costeros (Hirose, 1997).

IV.3.2.7. Turismo

El turismo se basa principalmente en las visitas guiadas de buceo, ya que se tiene un litoral muy atractivo para realizar esta actividad, así como visitas al tiburón ballena. Siendo la isla de Holbox la que tiene un amplio potencial para el desarrollo de múltiples actividades ecoturísticas.

Para finales de Diciembre de 2012, el número de cuartos de hotel en operación en la Isla de Holbox fue de 56 hoteles con 589 cuartos hoteleros (Tabla IV_ 16).

Tabla IV_ 16. Infraestructura Hotelera del Estado de Quintana Roo a Mayo 2013.

Municipio	Destino	Hoteles	Cuartos
Benito Juárez	Cancún	145	30,205
	Puerto Morelos	33	5,072
Isla Mujeres	Isla Mujeres	75	2,080
Cozumel	Cozumel	45	4,098
Solidaridad	Riviera Maya	246	34,606
Tulum		133	6,035
Lázaro Cárdenas	Holbox	56	589
	Kantunilkin	11	100
	Chiquilá	1	6
	Ignacio Zaragoza	1	15
José María M.	José María Morelos	9	90
Felipe C. Pto.	Felipe Carrillo Puerto	12	160
Bacalar	Bacalar	25	263
Othón P. Blanco	Chetumal	72	2,214
	Kohunlich	2	42
	Costa Maya -Mahahual	39	343
Estado		905	85,918

Fuente: www.sedetur.qroo.gob.mx

IV.3.2.8. Elementos culturales

El municipio cuenta con diversos elementos culturales que ofrecer al turismo nacional e internacional, como son:

- Monumentos históricos: El más importante es la estatua de Lázaro Cárdenas, situada al lado de la carretera que va de Mérida a Puerto Juárez. Se encuentran diseminados en la parte norte, vestigios de la cultura maya, pero a la fecha no han sido restaurados como es el caso de los localizados en las comunidades de Kantunilkín, Naranjal, San Ángel y el Cedral, y en Chiquilá, asimismo, existe una iglesia de la época colonial.
- Fiestas danzas y tradiciones: En diciembre se celebra la fiesta de la Virgen de la Concepción, en abril la Fiesta de San Joaquín, patrono de Holbox. Existen tradiciones mayas como el Lol cah, en la que se santigua al pueblo con rezos mayas; la siembra de la Ceiba, que es el árbol sagrado; las ofrendas al dios Chaac, de la lluvia, para evitar las sequías, entre otras festividades.
- Música: Para ejecutar la música tradicional se organizan conjuntos conocidos como Maya Pax, que están formados por violines, instrumentos de viento como caracoles y armónicas, tambor a base de troncos de árbol y guitarra.
- Artesanías: Destacan la producción de hamacas y cestería en el interior del municipio y los adornos que se elaboran con conchas marinas en la isla de Holbox. También se elaboran hiplies con bordados a mano y artesanías de madera.
- Gastronomía: La comida tradicional tiene como principales ingredientes animales silvestres como el jabalí, venado, faisán, entre otros; preparados en diferentes formas, aunque predomina el pibil, que es el horneado bajo tierra y envuelta la carne con hojas de plátano. Otros guisos son a base de la chaya, que es una planta cuyas hojas son muy nutritivas; el chile habanero se utiliza en muchas salsas, las comidas a base de semillas de calabaza y el pozole, que es una bebida a base de maíz tierno. En la costa se preparan platillos con pescados y mariscos, por ejemplo, estilo tikin-xic, y el ceviche de caracol.

IV.3.2.9. Infraestructura y Servicios

Se hace mención, por otra parte, que Holbox cuenta con los servicios municipales básicos en la mayor parte de la población, si no es que en la totalidad. La generación de la energía eléctrica se realiza localmente a través de motores alimentados con diesel y en el presente la disponibilidad de energía eléctrica se presenta durante todo el día y toda la noche, salvo cuando la maquinaria enfrenta problemas de descomposturas. De las 253 viviendas particulares con registro hasta el 5 de noviembre de 1995, se registraron 243 (96%) que contaban con energía eléctrica (INEGI, 1998).

El abastecimiento de agua potable se da a través de una línea submarina de 11.2 kilómetros del Puerto de Chiquilá hasta Holbox. Los pozos están situados en el interior continental y el agua es tratada con cloro y distribuida desde un tanque elevado hacia la mayoría de las casas y predios del sitio. El agua se almacena en una cisterna para posteriormente ser llevada hasta un tanque elevado, que se encuentra situado cerca de la entrada del poblado, desde donde es distribuida a la población a través de tuberías.

El servicio del agua suele ser intermitente, aunque luego del paso del huracán Wilma, la rehabilitación del servicio se realizó con mejoras en la captación del líquido, por lo que en el presente, éste suele ser más regular que en el pasado reciente. Hasta noviembre de 1995, se reportó que el 93% de las viviendas (235) contaban con agua entubada y 239 viviendas, el 94 % contaban con drenaje (INEGI, 1998), las aguas residuales en la mayoría de las viviendas dentro del poblado son desechadas a fosas sépticas que suelen ser cubos de concreto sin fondo para que el agua se filtre directamente al manto freático. Situación que se ha venido frenando en particular con los requerimientos de los estudios de impacto ambiental en el área de frente de playas.

Cuentan también con servicio de limpieza y levantamiento de basura a través de camiones del gobierno local. En Holbox existe un tiradero de basura al aire libre del cual se ha buscado convertir en un sitio de reciclaje y procesamiento de la basura para convertirla en productos ambientalmente menos dañinos.

Recientemente se ha hecho el planteamiento de sacar toda la basura producida en el sitio para ser llevada a un relleno sanitario que se ha pretendido construir en las cercanías de la cabecera municipal. Sin embargo, las acciones al presente se han limitado a quemar la basura y, cuando ya se encuentra el sitio saturado, se empuja la basura a los extremos con el uso de tractores, quedando depositada en los sitios con marismas y manglares, que aumenta el área de contaminación debido a este factor. El tiradero se ubica en la porción occidental de la isla, cerca del extremo, al suroeste del área de estudio encontrándose aproximadamente a menos de dos kilómetros del sitio.

Así, la industria hotelera, a través de la búsqueda de un manejo más adecuado de los residuos, se encuentra estableciendo letrinas secas y aboneras, o algún otro tipo de manejo que sea ambientalmente menos nocivo que las prácticas más extendidas mencionadas anteriormente. Se destaca el uso de los sistemas hidrosanitarios que realizan tratamientos parciales de las aguas residuales y permiten, en ocasiones el re-uso del agua tratada para riego.

IV.3.2.10. *Comunicaciones y Transporte*

IV.3.2.10.1 Transporte Local

En la Isla Holbox, el principal medio de transporte es el uso de embarcaciones menores que han sido acondicionadas para el turismo. Dentro de la isla la mayoría de los

pobladores, así como de los representantes de la actividad comercial, se desplazan utilizando carritos de golf, que pueden ser de gasolina o eléctricos y de los que se encuentran en el presente en número considerable y se sigue en aumento esta flota vehicular (Figura IV_ 66).



Figura IV_ 66. Carritos de golf como medio de transporte local.

Lo anterior ha traído como consecuencia que las calles se compacten, proliferen los baches y los encharcamientos abundan por doquier. Los otros medios de transporte son las motocicletas, las bicicletas y los triciclos. De estos, las motocicletas se están tornando en un peligro para los transeúntes debido al número elevado y en ocasiones son conducidas a gran velocidad por jóvenes locales. Las motocicletas son utilizadas también por menores de edad, incluso niños y niñas de menos de 10 años. Algunos de estos últimos, junto con algunos carritos de golf fungen como medios de transporte colectivo para el turismo y la carga.

IV.3.2.10.2 Muelles y Protección portuaria

En Holbox la principal vía de acceso es por medio de la navegación, cruzando a la Isla desde el poblado de Chiquilá en embarcaciones comerciales o botes particulares. El muelle es de concreto reforzado construido en 1973 con inversión Federal.

Tiene una longitud de 58.79 m por 7.96 m de ancho, tiene una plataforma de 14.25 m de longitud por 12 m de ancho, su longitud total de atraque es de 130.25 m. Este muelle es utilizado para transporte de personas y de materiales diversos de Holbox a Chiquilá y lo utilizan las embarcaciones nodrizas de las cooperativas pesqueras (Figura IV_ 67).



Figura IV_ 67. Panorámica del Puerto de Holbox sobre la Laguna Conil.

IV.3.2.10.3 Aeropista.

Existe una pista en la zona insular del municipio, la cual es de poco alcance, sin actividad comercial. La pista no se encuentra abierta a vuelos comerciales. La pista se localiza en la porción suroeste de la Isla de Holbox (**Figura IV_ 68**).

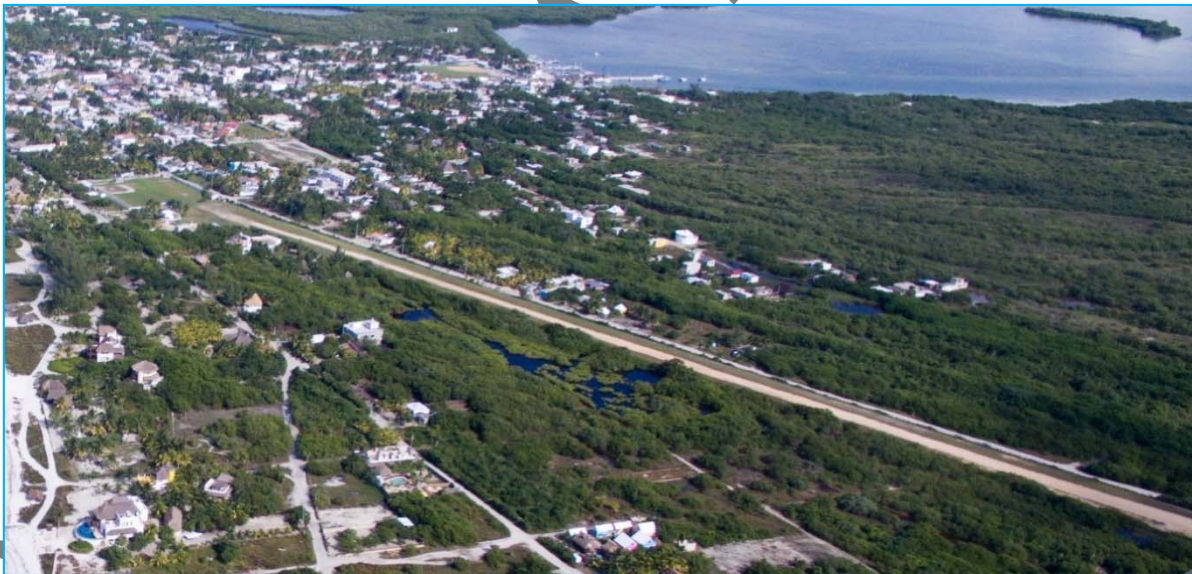


Figura IV_ 68. Panorámica de la aeropista de Holbox.

IV.3.2.10.4 Carreteras.

El transporte terrestre dentro de Lázaro Cárdenas se basa principalmente en taxis, motonetas y automóviles propios de los lugareños. Se cuenta con servicio de transporte

urbano. En la zona continental existe además una línea de transporte que llega de la ciudad de Cancún hasta Chiquilá.

IV.3.2.10.5 Difusoras de televisión.

No se dispone de estación local de televisión, por lo que los canales que se sintonizan son los canales comerciales de cobertura nacional. En el Municipio existe televisión por cable y satelital de las cadenas nacionales de televisión

IV.3.2.10.6 Mensajería y servicio postal

En el municipio no existen oficinas que brindan servicio de mensajería. La red telegráfica en el Estado está constituida por doce administraciones, siendo una de ellas la de Lázaro Cárdenas, la cual se encuentra comunicada con las ciudades de Cancún, Chetumal y Cozumel por medio de un sistema automatizado. En Holbox se cuenta con agencias específicas a este servicio. El último de los cuales cuenta también con terminales de algunos bancos nacionales, lo que permite la transferencia y disposición de dinero en efectivo.

IV.3.2.10.7 Teléfono e internet.

El Municipio de Lázaro Cárdenas cuenta con servicio telefónico local y de larga distancia automática. Se cuenta con la infraestructura suficiente para el servicio telefónico. En este sentido, se cuenta con factibilidad de servicio de internet por Teléfonos de México. En la isla la telefonía convencional se encuentra establecida en las casas habitación y comercios y también se cuenta con caseta telefónica pública.

IV.3.2.11. *Factores socioculturales*

IV.3.2.11.1 Grupos Étnicos:

Los mayas fueron los primeros pobladores del territorio que actualmente ocupa el municipio. Al llegar los españoles, en el territorio Quintanarroense existían cuatro cacicazgos independientes, producto del desmembramiento de la Confederación de Mayapán en el año 1194.

En el 2005 el municipio tenía una población de habla indígena de 10,191 habitantes de 5 años y más, que representa el 45.68 % del total de población. De esta población indígena el 99.8% (9,803 personas) pertenece a la etnia maya, de éstos la gran mayoría hablan español y maya (91.4 %) y el resto no habla español (lazarocardenas.gob.mx).

IV.3.2.11.2 Religión

La religión que predomina en el municipio es la católica (70.0 %), siguiendo en importancia la protestante o evangélica (22.9 %) y el 4.3 % que se declaró ateo.

IV.3.2.11.3 Principales localidades

Kantunilkín, es la cabecera municipal y centro comercial y de servicios del municipio. Su población es de aproximadamente 5,400 habitantes y la distancia a la capital del Estado es de 400 Km. Las principales actividades de su población están relacionadas con la agricultura, ganadería, forestal y apicultura, además del comercio y servicios.

La segunda localidad más importante del municipio es Ignacio Zaragoza; situada sobre la carretera troncal de Mérida a Cancún, los habitantes se dedican principalmente a las actividades agropecuarias y comercio. Su distancia a la cabecera municipal es de aproximadamente 25 Km.

Holbox; situado en la isla del mismo nombre es una población dedicada básicamente a la pesca y en menor proporción al turismo. Se comunica con el Municipio a través de un transbordador con terminal en la localidad de Chiquilá. Cuenta aproximadamente con 1,000 habitantes, en su mayoría de origen veracruzano, y dista aproximadamente 40 km. por tierra más 10 Km. por mar, de la cabecera municipal. Constituye la única Alcaldía del municipio, esta localidad es la que se verá directamente beneficiada por la creación de los dos andadores del presente proyecto.

IV.3.2.11.4 Recursos naturales

El municipio tiene como principales recursos la selva mediana con especies de maderas preciosas como el cedro y la caoba y de otras especies tropicales de explotación comercial como el ciricote, pucté, guayacán, etc. Otro recurso importante es el árbol del chico zapote, de donde se extrae una resina que es la base para la fabricación del chicle. La presencia de abejas propicia la recolección de miel. La tierra para uso agrícola se localiza en manchones dispersos, con lo cual se dificulta la agricultura mecanizada, aunque es importante mencionar que cuenta con las mejores tierras agrícolas del Estado.

IV.3.2.11.5 Visibilidad

El paisaje es la calidad visual y estética de un territorio y puede identificarse como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas. Por lo tanto, para estudiarlo, se deben investigar sus elementos constituyentes y tiene diferentes formas de percepción como auditiva, visual y olfativa.

La Isla de Holbox, es una pequeña isla mexicana localizada en el extremo norte del estado de Quintana Roo, perteneciente al municipio de Lázaro Cárdenas. Tiene una extensión de 40 km de largo y 2 de ancho, y unos 34 km de playas azul turquesa hacia el norte, con un crecimiento sustancial de mangle localizado en los canales internos de la Isla colindantes con la Laguna Conil, matorral costero en la parte central y dunas costeras en el lado de la isla que mira al Golfo de México. Se encuentra unida intermitentemente a la península por una barra de arena, con varios canales que la unen al mar y a la Laguna Conil.

La Isla de Holbox forma parte del área de protección de flora y fauna Yum-Balam decretada el 6 de junio de 1994 como área de protección. Es refugio de especies en peligro de extinción y los habitantes están interesados en proteger la zona. Por lo que es sede de proyectos turísticos sustentables con un impacto mínimo en los diversos ecosistemas, fauna y vegetación endémica en la zona.

El pueblo de Holbox se ha convertido en un destino turístico, particularmente en turismo de aventura y descanso y cuenta con un pueblo rústico con calles de arena blanca y sin pavimento, cabañas de techo de palma y coloridas casas de madera, en un ambiente caribeño. Los medios tradicionales de transporte son los carritos de golf a gasolina o eléctricos, bicicleta y a pie (**Figura IV_ 69**).



Figura IV_ 69. Panorámica del centro de población de Holbox.

Una de las actividades principales de los habitantes de esta isla, es la pesca, así como, recorridos para conocer el tiburón ballena, y tours en lancha en los atractivos turísticos de la Laguna Conil, entre otros (**Figura IV_ 70**).



Figura IV_ 70. Actividades turísticas en la Isla de Holbox.

Algunas amenazas que pueden afectar a la bella isla mexicana son los planes para el desarrollo de megaproyectos de fomento turístico, pesca incontrolada y caminos nuevos que puedan cruzar el área.

El sitio del proyecto y el área de influencia han perdido actualmente su valor de paisaje natural en cuanto al ambiente terrestre, debido a que ha sido perturbado y transformado con la urbanización acelerada. Sin embargo, la porción marina adyacente representa el mayor atractivo para la contemplación y el esparcimiento. Más recientemente y por gestión del área natural protegida, se ha tratado de entrar en un proceso de restauración de la vegetación en la zona de playas.

IV.3.3. Diagnóstico ambiental

Debido a que el frente de estudio de Holbox presenta tres orientaciones diferentes, el análisis y diagnóstico de los factores que inducen la erosión se explica considerando tres zonas con diferente comportamiento.

- La zona Noreste, que abarca principalmente toda la zona donde la función de la playa es hábitad de flora y fauna.
- La zona centro, donde se ubica la mayor concentración de la población y la primera batería de espigones.
- La zona Suroeste, donde se ubica la segunda batería de espigones y donde la mayor erosión de todo el frente de estudio analizado.

El SAR del proyecto fue dividido en base al muestreo en campo e información bibliográfica, en ocho ambientes: Arenal costero (1 %), Playa (0.25 %), Bajos (0.05 %), Humedal costero (21 %), Laguna Conil (34 %), Pastizales (29 %), Dunas caminantes (14 %) y Asentamientos humanos (0.5 %).

De acuerdo a la caracterización de la flora y fauna en el área de estudio, se encontró que zona marina en un gran porcentaje (cerca de un 80%) es muy somera alcanzando un promedio de 70 cm de profundidad, esta condición no permite el desarrollo de una

estructura compleja que pueda proporcionar una mayor diversidad de flora y fauna marinas. No hay presencias de zonas arrecifales cercanas, los sitios asociados a manglares se limitan a los dos extremos, adicionalmente se encuentra cercana a la confluencia del Mar Caribe y Golfo de México, que influye de alguna manera en el ecosistema.

La baja abundancia de vida marina puede deberse a que no hay las condiciones favorables para el establecimiento y el consecuente desarrollo de productores primarios (algas y plantas marinas) que sustenten a otras especies. Por tanto, las especies marinas utilizan el área prácticamente sólo para transitar.

Las especies observadas en el área de influencia directa y registradas en el SAR fueron agrupadas en fauna, subdivida en invertebrados, ictiofauna, aves, herpetofauna (incluyendo, tortugas marinas), mamíferos (marinos y terrestres), y flora, subdividida en flora marina (algas y pastos), duna costera, matorral costero, manglar, vegetación secundaria.

Respecto al análisis de la fauna en el sedimento marino se encontraron un total de 416 organismos corresponden a 17 Taxa distintos, agrupados en 4 Phyla: Mollusca, Arthropoda, Nematoda y Annelida distribuidos en tres estaciones. La estación con mayor abundancia de organismos fue M2 (263) seguida de M5 (97) y por último la M9 (56). La estación que presentó mayor diversidad fue M2 con 15 especies distintas, por su parte, en la estación M5 se contabilizaron 11 especies y 10 especies en la M9. De acuerdo a la lista de especies en riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las especies reportadas en este informe se encuentran bajo alguna categoría de protección. En ninguna de las estaciones muestreadas se encontraron postlarvas o juveniles mayores a 1mm de *Strombus gigas*, sin embargo, la fauna bentónica presenta variaciones estacionales y espaciales, por lo que se recomienda monitorear estas mismas estaciones de muestreo en otras épocas del año.

De acuerdo a la información recabada en el SAR realizados se encontraron 19 seis especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo las especies más frecuentes en el área de influencia directa la cacerolita de mar, la iguana rayada, el flamenco rosado, el mangle botoncillo, la palma chit y nacax, etc. Las especies mencionadas no serán afectadas por las obras y actividades del proyecto dado que se establecerán medidas de mitigación como en el caso de las tortugas y la cacerolita de mar.

Dado todo lo anterior, el proyecto traería beneficios, tales como la recuperación de una duna costera, playa y un paisaje que brindará aspectos naturales y turísticos. Además, recuperará hábitats importantes para las especies en general y las listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

IV.3.3.1. Diagnóstico integral de los factores que generan la erosión costera

En el área del proyecto en Isla Chica, Holbox, el análisis de los factores que inducen la erosión se explica considerando tres zonas con diferente comportamiento (**Figura IV_71**), que son:

- Zona Noreste, que abarca principalmente toda la zona donde la función de la playa es habitad de flora y fauna.
- Zona Centro, donde se ubica la mayor donde se ubica concentrada la población y la primera batería de espigones.
- Zona Suroeste, donde se ubica la segunda batería de espigones y donde se ubica la mayor erosión de todo el frente de estudio analizado.



Figura IV_ 71. Zonas en que se dividió la zona de estudio de Holbox para el diagnóstico.

IV.3.3.1.1 Diagnóstico de la erosión costera en la Zona Noreste

Los rasgos importantes que afectan esta zona son:

- Aportación continua de sedimento proveniente de Punta Mosquito,

- Oleaje de baja energía,
- Tipo de rompiente en descrestamiento,
- Presencia de una barra que amortigua casi toda la energía,
- Influencia del delta de una boca que impide el transporte litoral pegado a la playa,
- Perfil de playa sin duna y muy plano, y
- Playa ubicada en zona de oleaje temporal de alta energía (Nortes y Huracanes).

La zona de estudio cuenta con una aportación constante de sedimento, producto del acarreo litoral proveniente del noreste. La presencia de una barra longitudinal frente a la playa origina que el oleaje disipe la mayor parte de su energía en dicha zona. El tipo de rompiente minimiza el ascenso y descenso sobre la playa al romper, por lo cual difícilmente suspende el material para subirlo hacia la parte alta de la playa que permita un crecimiento de la misma, además este tipo de rompiente convierte la energía de forma eficiente transfiriéndola de forma lateral, sobre todo por la oblicuidad del oleaje, maximizando el transporte en la zona litoral (**Figura IV_ 72**).



Figura IV_ 72. Caracterización de la zona noreste.

Debido a que la playa es muy plana y por la altura de la ola y sobrelevación del nivel del mar, al presentarse oleaje de alta energía, éste penetra hasta la costa, arrastrando el escaso sedimento en la berma y posteriormente de la costa hacia la zona baja de la playa y generando el retroceso de la misma (**Figura IV_ 73**).

Como se señaló y debido a que el oleaje normal no tiene capacidad para regresar el material a la zona alta de la playa por la baja energía y no tiene transporte pegado a la playa, en esta zona es imposible que la playa pueda recuperarse de forma natural.

Además, la presencia de huracanes y nortes cuyos parámetros han sido calculados para ser tomados en cuenta en el análisis de la zona de estudio, generan oleaje de alta energía que provocan un aumento considerable del transporte de sedimentos en periodos de tiempo cortos, regularmente en el sentido transversal, es decir; el sedimento de la parte alta de la playa es arrastrado hacia el frente marítimo y depositado en forma de barra (bajo de arena) o extendiendo aún más el perfil. Cuando la playa tiene la capacidad suficiente, para en condiciones normales de oleaje, regresar el sedimento a la parte alta de la playa en plazos menores a un año, el sistema está en equilibrio. Sin embargo, debido a las características de energía del oleaje en la zona, la playa no es capaz de restablecerse por sí misma.

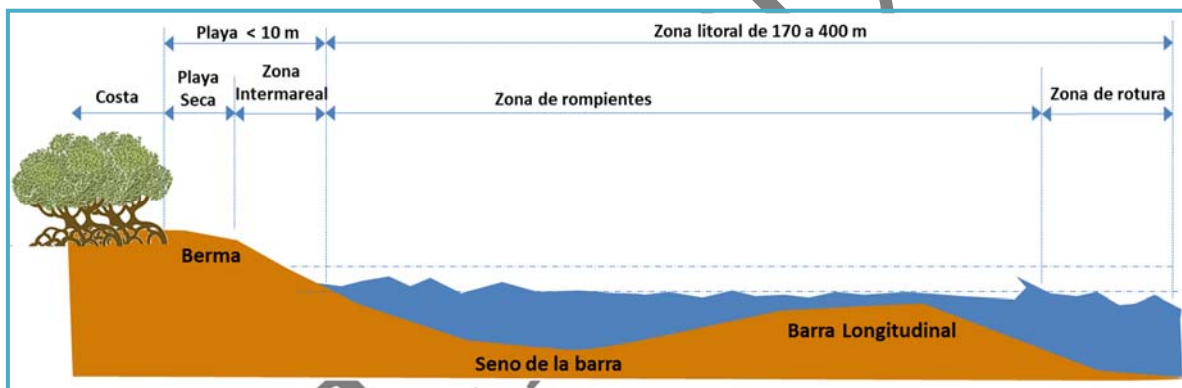


Figura IV_ 73. Caracterización del perfil de playa de la zona Noreste.

Lo anterior puede comprobarse con el análisis de la evolución de la costa, donde a lo largo de los 30 años de análisis, no se registra ningún avance entre los diferentes periodos de las tomas satelitales (Figura IV_ 74). Solo se registra pérdida de alrededor de 30 m.

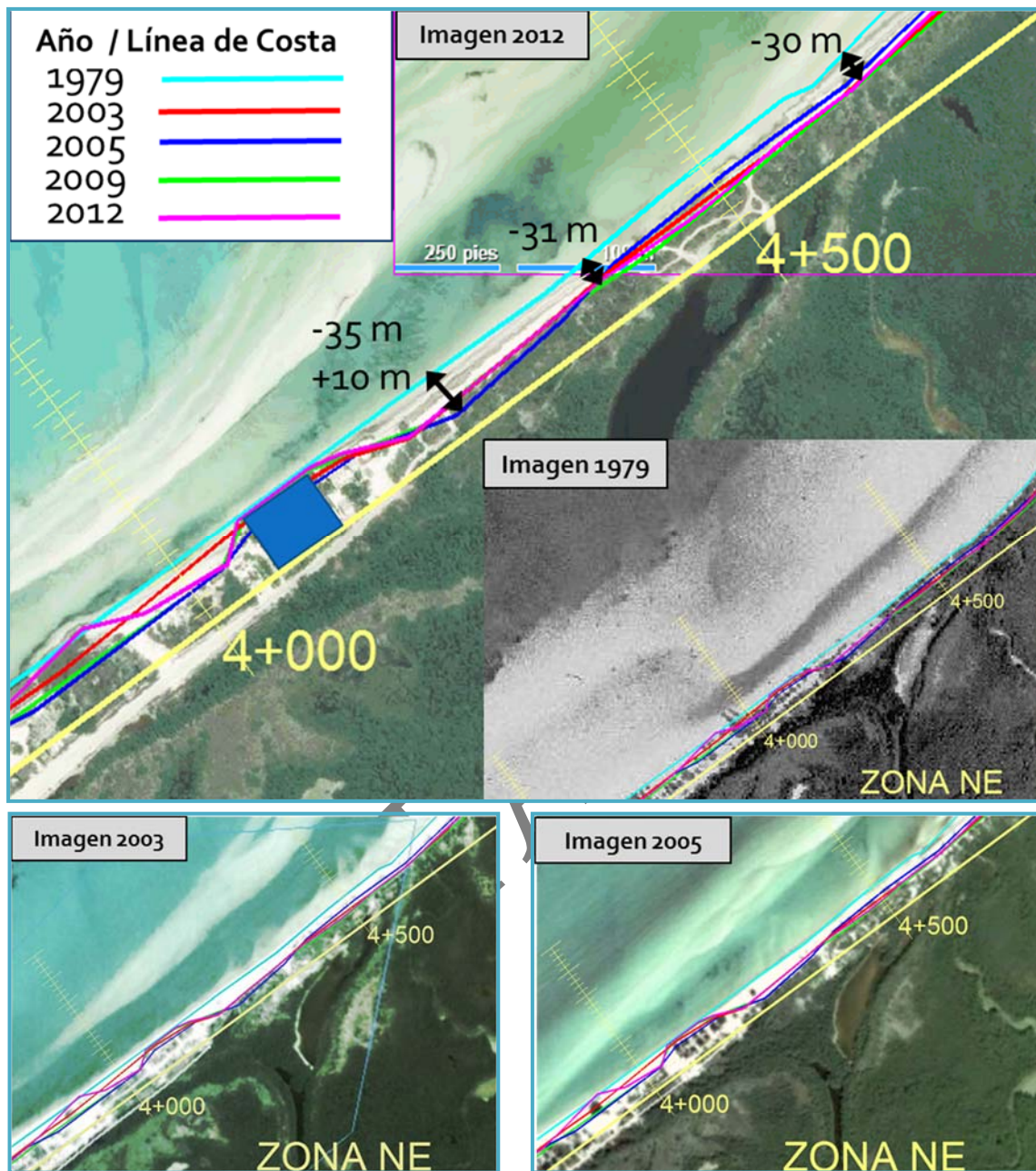


Figura IV_ 74. Análisis de evolución de la costa en la zona Noreste.

IV.3.3.1.2 Diagnóstico de la erosión costera en la Zona Centro

Los rasgos importantes que afectan esta zona son:

- Aportación continua de sedimento proveniente de la Zona Noreste,
- Oleaje de baja energía,
- Tipo de rompiente en descrestamiento,
- Amplia zona de rompientes,

- Debido a la orientación de la playa, disminuye el potencial de transporte,
- Perfil de playa con dunas bajas y discontinuas,
- Playa ubicada en zona de oleaje temporal de alta energía (Nortes y Huracanes),
y
- Espigones con falla en la longitud de trabajo.

La zona de estudio cuenta con una aportación constante de sedimento, producto del acarreo litoral a través de un bypass de la barra longitudinal del NE. Al igual que en la zona NE, el tipo de rompiente minimiza el ascenso y descenso sobre la playa al romper, dificultando la suspensión del sedimento para subirlo hacia la parte alta de la playa y debido a que la orientación de la playa respecto a la incidencia del oleaje reduce el potencial de transporte, éste se deposita en la parte baja ampliando la zona de rompientes hasta unos 70 m y generando una playa muy plana. Por el tipo de rompiente, es mayor el transporte de arrastre por fondo y resalto en la zona de rompientes y menor la depositación en la zona alta (**Figura IV_ 75**).

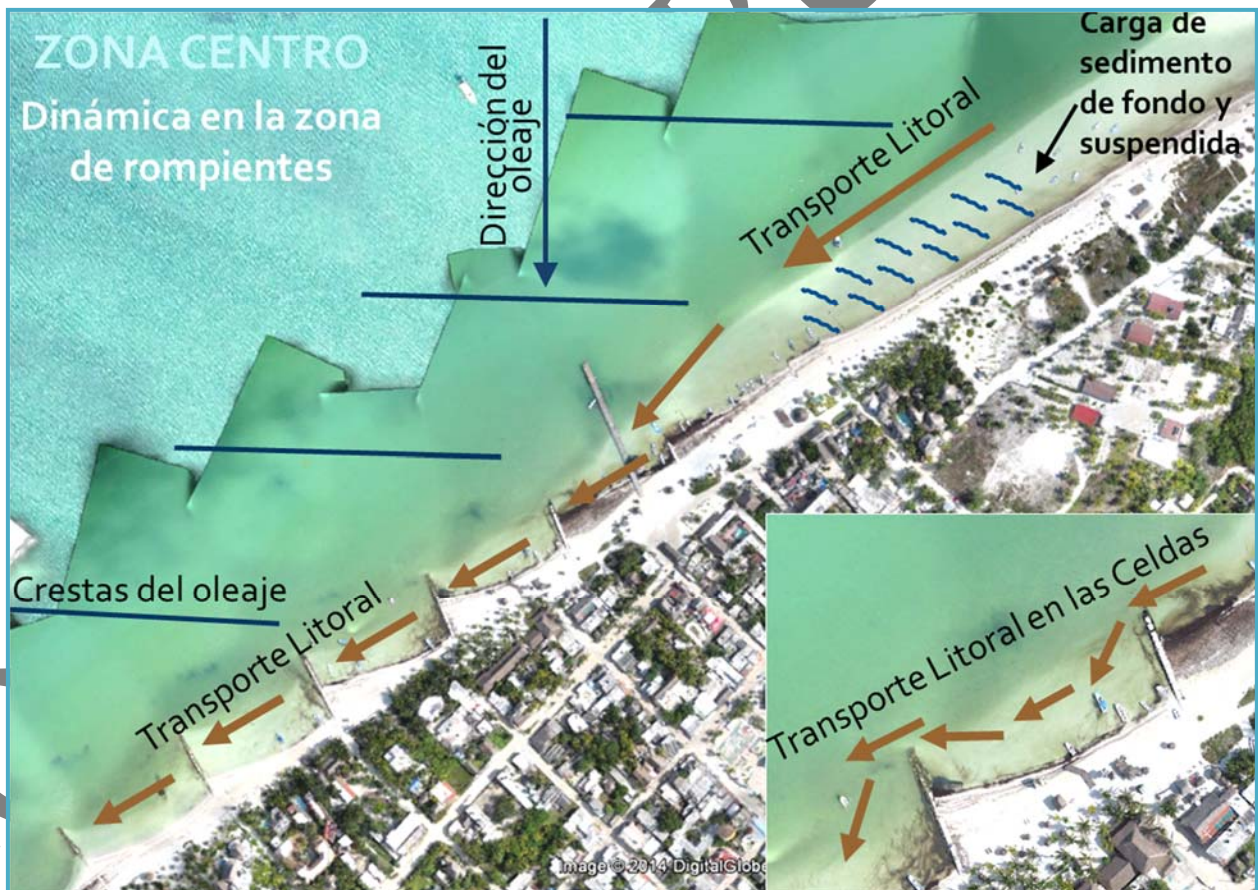


Figura IV_ 75. Caracterización de la zona centro.

Debido a que la playa es muy plana, al paso de una tormenta, el oleaje ciclónico y la sobre elevación por tormenta arrastran el escaso sedimento en la berma hacia la zona baja de la playa y dificultan la recuperación de la misma (Figura IV_ 76).

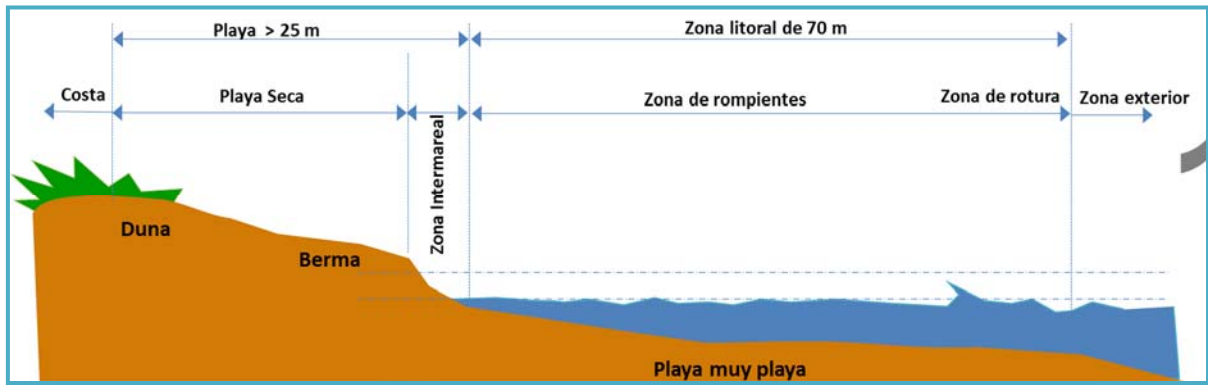


Figura IV_ 76. Caracterización del perfil de playa de la zona Centro.

Por otro lado, los espigones de la primera batería en forma de “I” favorecen la captación del sedimento producto del transporte litoral, pero cuando se presenta oleaje de alta energía (huracanes y nortes), el material es fácilmente expulsado de la celda, lo cual genera periodos en los que el sedimento es retenido en las celdas y se origina un déficit corriente abajo (Figura IV_ 77).

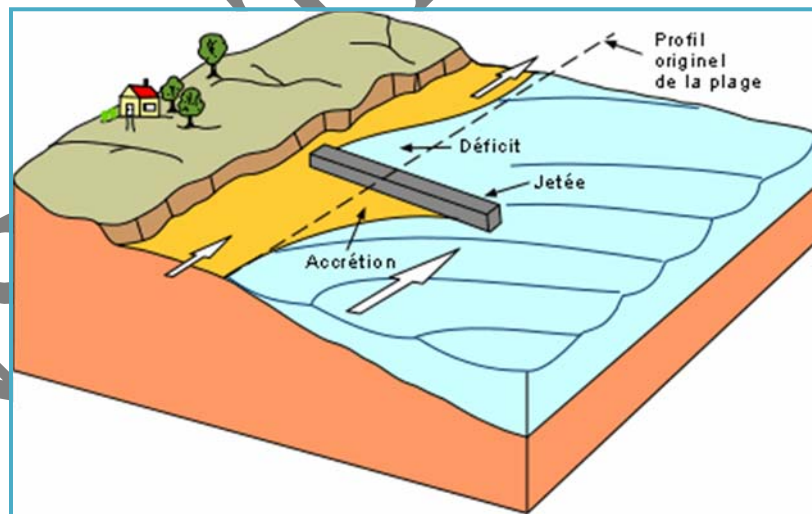


Figura IV_ 77. Ejemplo del funcionamiento de los espigones.

Los espigones de la primera batería presentan falla en la longitud de trabajo por caída de elementos, asentamiento y fracturas, lo que reduce la longitud esperada de la ganancia de playa. Considerando la longitud efectiva de los espigones (en la condición actual) y la separación de los mismos, $Y_g = \sim 50$ m y $X_g = \sim 100$ m, respectivamente; la

ganancia máxima de sedimento en las celdas ya se logró (criterio del SPM 1984), por lo cual no existe manera que con las obras en las condiciones actuales se pueda recuperar más playa. Lo anterior puede comprobarse con el análisis de la evolución de la costa, donde a lo largo de los 30 años se registra una ganancia de 30 y hasta 50 m de playa (Figura IV_ 78).

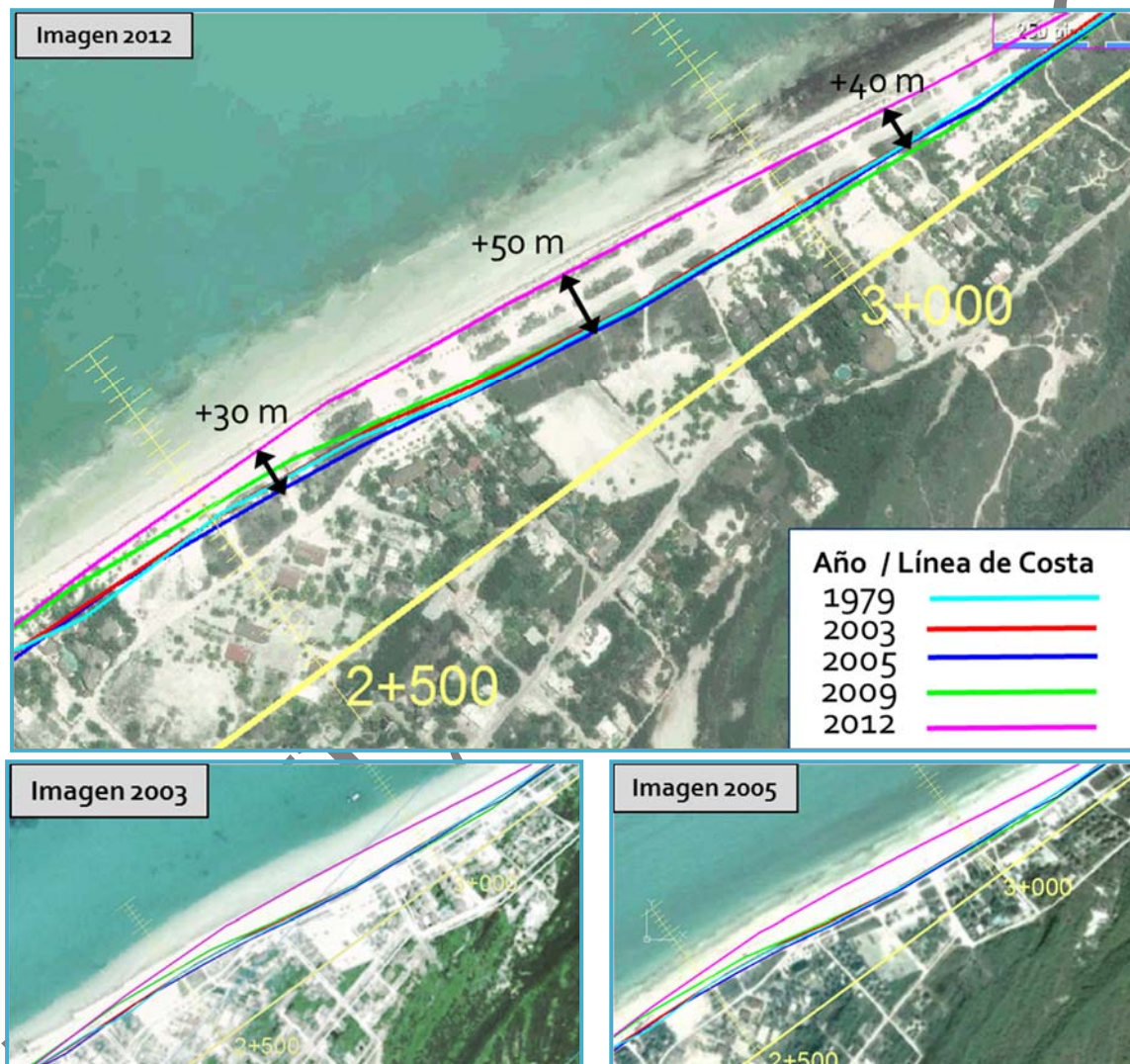


Figura IV_ 78. Análisis de evolución de la costa en la zona centro.

IV.3.3.1.3 Diagnóstico de la erosión costera en la Zona Suroeste

Los rasgos importantes que afectan esta zona son:

- Aportación intermite de sedimento proveniente de la Zona Noreste,
- Oleaje de baja energía,

- Tipo de rompiente en descrestamiento,
- Amplia zona de rompientes,
- Batería de espigones con deflexión,
- Perfiles de playa bien desarrollados en la zona protegida con espigones,
- Zona no protegida corriente abajo de la batería de espigones,
- Debido a la orientación de la playa, se incrementa el potencial de transporte respecto a la zona centro, y
- Playa ubicada en zona de oleaje temporal de alta energía (Nortes y Huracanes).

El volumen de sedimento que ingresa a la zona SW donde se ubican los espigones es menor al que recibe la zona centro, debido a la reducción del potencial de transporte en dicha zona y cuando las celdas de la primera batería de espigones en la zona centro pierde sedimento por incidencia de oleaje de alta energía (huracanes y nortes), el aporte de sedimentos es todavía menor por la retención de sedimento que generan las celdas al paso del mismo (**Figura IV_ 79, Figura IV_ 80**).



Figura IV_ 79. Caracterización de la zona suroeste.

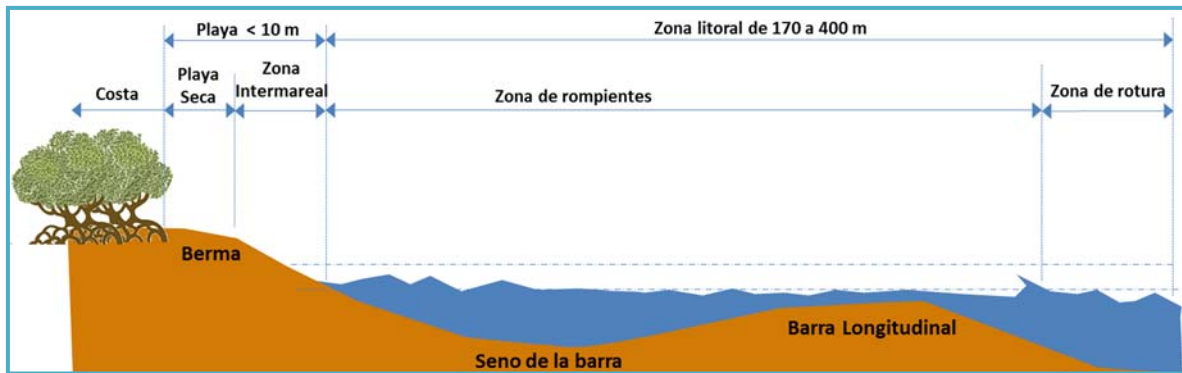


Figura IV_ 80. Caracterización del perfil de playa de la zona suroeste.

En la zona SW donde se ubica la segunda batería de espigones aunque se presume una disminución del transporte, las celdas no se ven afectadas debido a que todas las celdas están llenas, las celdas con geometría de bahías que forman los espigones, están en equilibrio de acuerdo con la revisión de los diseños empleando los criterios del CEM 2002. A diferencia de la primera batería de espigones, la segunda batería tiene estructuras en mejores condiciones que, a pesar de presentar tramos caídos y fracturas, la longitud efectiva no se ve comprometida y cuyo diseño (deflexión en la parte frontal del espigón paralela a los frentes del oleaje) es más efectivo para retener sedimento, inclusive al presentarse oleaje de alta energía (Figura IV_ 81).

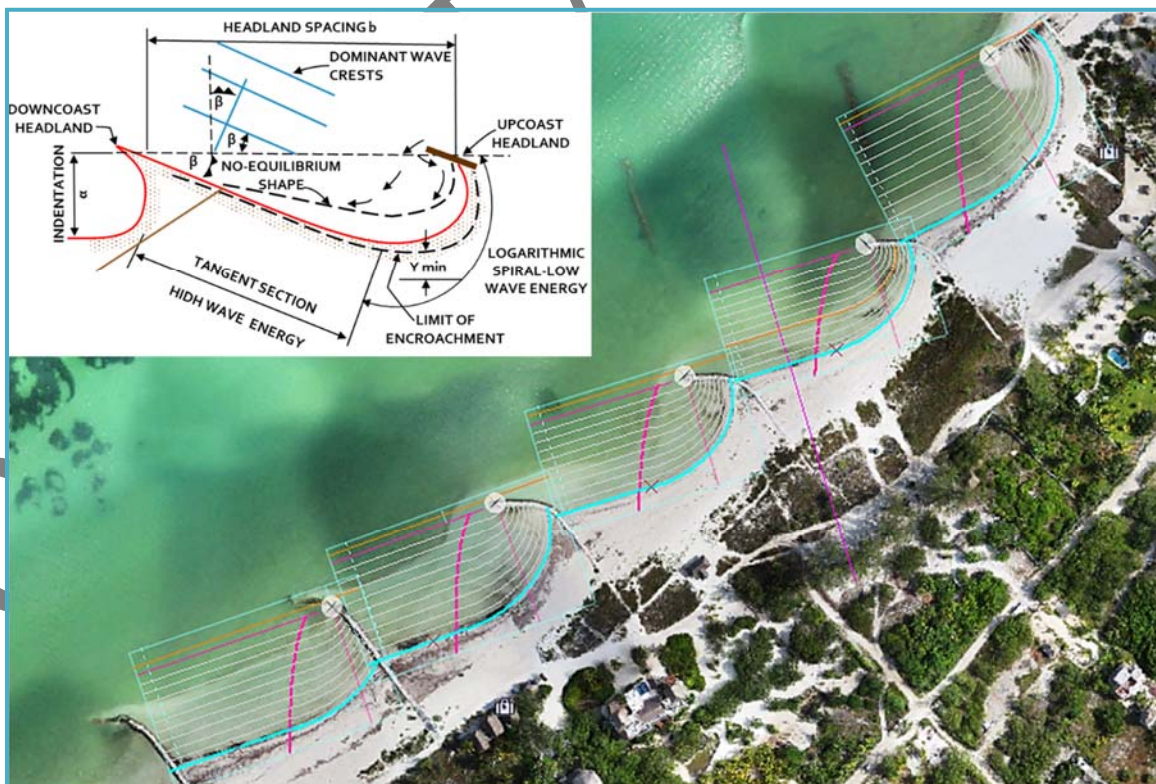


Figura IV_ 81. Análisis de la recuperación de la playa en la segunda batería de espigones.

La zona ubicada en la zona contigua a la batería de espigones (corriente abajo), es la zona donde el fenómeno de la erosión ha generado un retroceso de al menos 40 m de la costa, dejando expuestas directamente algunas viviendas a la energía del oleaje. El proceso erosivo en esta zona se explica por la combinación de los siguientes factores (Figura IV_ 82):

1. Principalmente, que una de las características de los espigones es que erosionan la zona inmediata corriente debajo de la estructura,
2. El volumen de sedimento que se transporta en esta zona es menor,
3. Como el potencial de transporte es mayor, se incrementa del movimiento del sedimento hacia el SW, dejando menos material disponible para la recuperación de la playa y
4. Como el oleaje es de baja energía y dificulta el proceso de depositación del sedimento en la parte alta de la playa,
5. Cuando se presenta un evento de oleaje de alta energía (Nortes y Huracanes), la erosión siempre será mayor a la recuperación y la playa no tendrá la capacidad para restablecerse por sí sola.

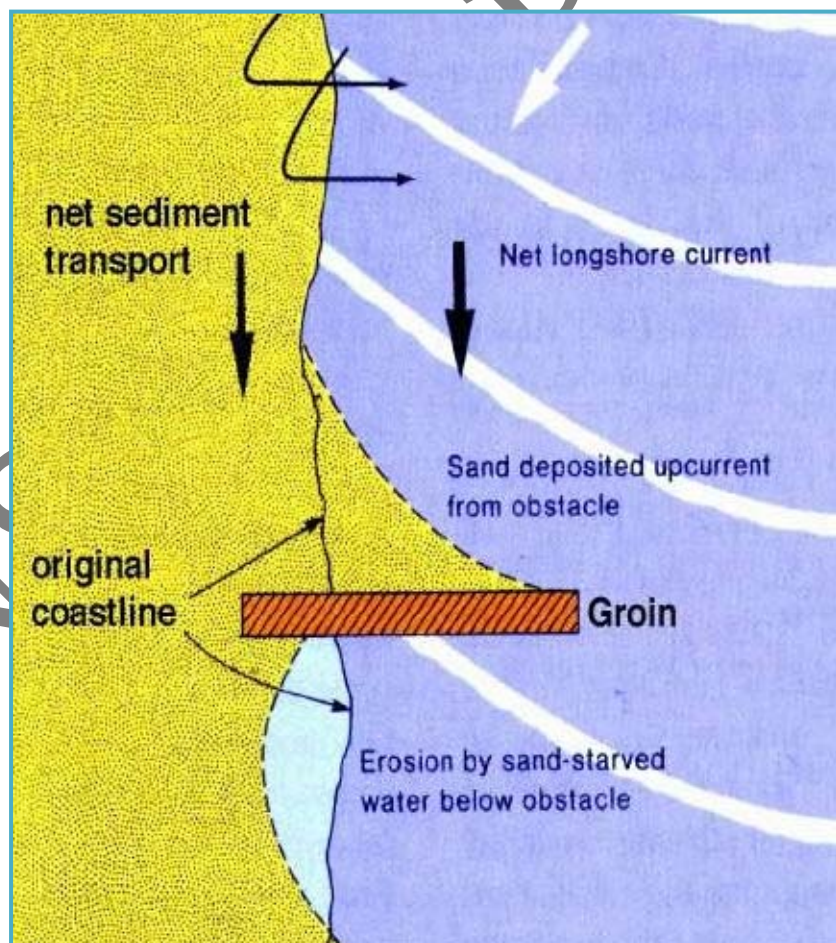


Figura IV_ 82. Esquema que muestra el comportamiento que se genera al construir obras que obstruyen el transporte de sedimentos en la costa.

Lo anterior puede comprobarse con el análisis de la evolución de la costa, donde a lo largo de los 30 años se registra la mayor erosión en todo el frente de playa de Holbox que es de hasta 60 m (Figura IV_ 83).

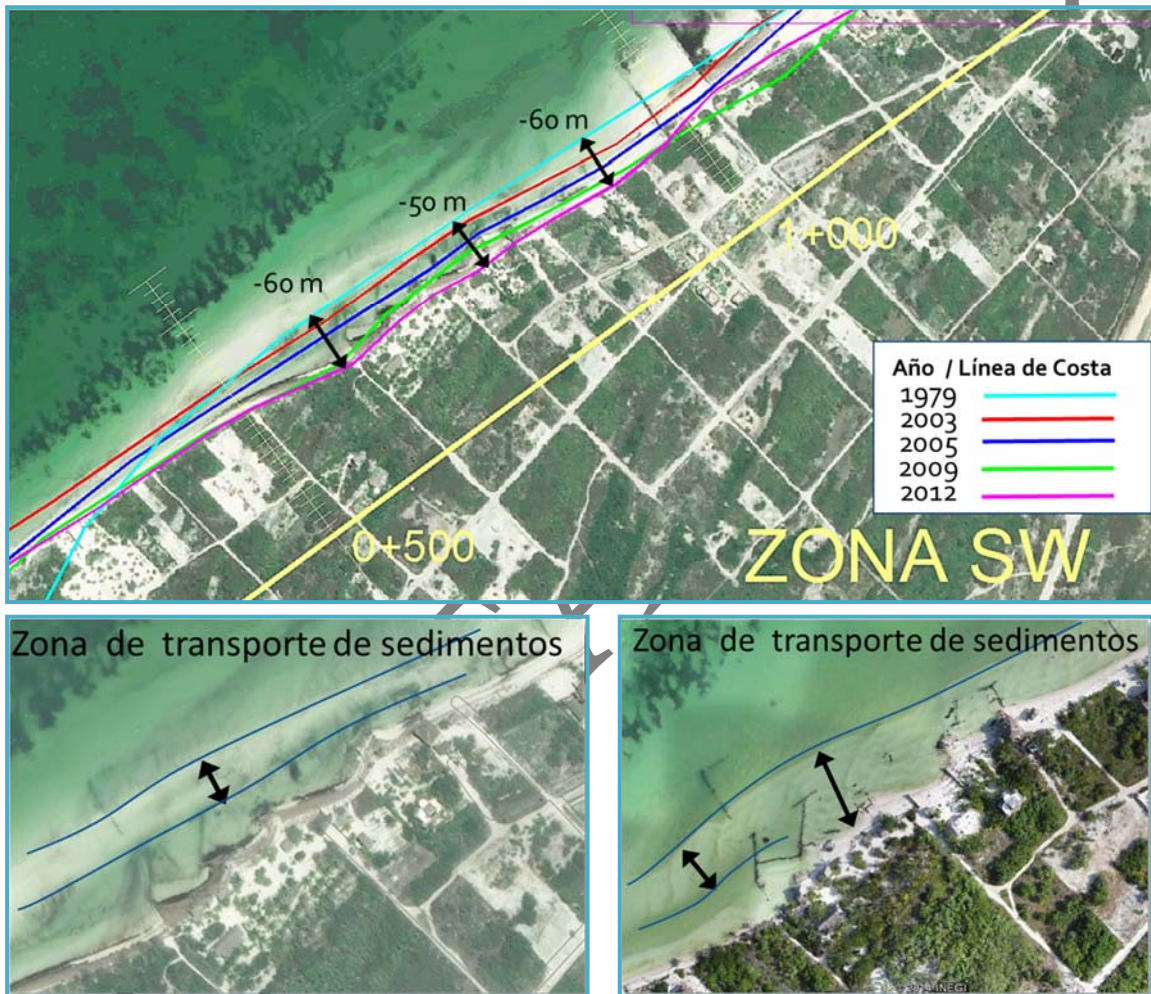


Figura IV_ 83. Análisis de evolución de la costa en la zona suroeste.

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL.

De acuerdo al diagnóstico ambiental descrito en el capítulo anterior y a las actividades que se llevarán a cabo para la realización del proyecto, se desarrolló un análisis ambiental en el que se identificaron los efectos de las acciones del proyecto sobre los indicadores ambientales. Esto nos permitió evaluar las actividades que pueden generar beneficios y/o desequilibrios ecológicos de acuerdo a la intensidad, magnitud, duración y periodicidad en los diferentes elementos ambientales implicados.

V.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Para identificar y evaluar los impactos ambientales que generará el proyecto en sus diferentes etapas, se empleará el método de Leopold *et al* (1971). Este método considera acciones y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental.

La Matriz de Leopold pertenece a un grupo de análisis cuantitativo denominado “matrices causa-efecto”. En esta tipología de matrices de doble entrada, las columnas están constituidas por las acciones que producen los impactos y las filas por los factores del medio susceptibles de recibir estos impactos. Se trata de una forma sencilla de interactuar las acciones con los efectos, es por esta razón que este método solo permite identificar impactos directos.

Para la elaboración de la matriz es importante identificar las acciones del proyecto y los indicadores ambientales, que en su interacción determinaran con base en criterios ya establecidos los posibles impactos provocados por la implementación del proyecto.

V.1.1. Criterios de importancia para la evaluación




Los criterios para la evaluación de impactos generados por el proyecto se definen en la **Tabla V_1**. Al momento de realizar el análisis de los impactos en la Matriz modificada de Leopold, las acciones se establecerán bajo los siguientes criterios:

- a) Representatividad de la realidad del proyecto,
- b) Relevancia, es decir, la capacidad apreciable para generar alteraciones,
- c) Exclusión, sin solapamientos ni redundancias con otras acciones,
- d) Independencia,
- e) Cuantitatividad.

El código que se usa en cada una de las celdas de la Matriz modificada de Leopold denota las características de los impactos y si es posible mitigarlos o no. En cada una de las celdas de interacción entre los posibles impactos provocados a los elementos del medio

ambiente, se señala el símbolo que muestra la información de los criterios de la matriz por medio de letra, símbolo y color.

Tabla V_1. Criterios de evaluación para la matriz modificada de Leopold.

Criterio	Descripción y evaluación
Intensidad	<p>Se refiere al grado de afectación del medio (físico, biológico y socioeconómico-cultural) por la ejecución del proyecto. Para su evaluación se considera:</p> <p><u>Insignificante</u> o sutil (I). - Cuando no hay cambios o estos son imperceptibles.</p> <p><u>Significativo</u> o notable (S).- Cuando son evidentes las repercusiones en el medio ambiente.</p>
Extensión	<p>Se refiere a las repercusiones geográficas del impacto. Para su evaluación se considera:</p> <p><u>Predio</u> (P). - La repercusión del impacto es <i>in situ</i>.</p> <p><u>Localidad</u> (L). - La repercusión del impacto trasciende a la ciudad.</p> <p><u>Municipio</u> (M). - La repercusión del impacto trasciende al municipio.</p> <p>Otras extensiones usadas son estado o región, sin embargo dado las características del proyecto estas no son utilizadas.</p>
Duración	<p>Considera la temporalidad de los impactos, desde la aparición del efecto hasta que el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción ya sea por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. Para su evaluación se considera:</p> <p><u>Fugaz</u> (Z). - La recuperación de la calidad ambiental es inmediata tras el cese de la actividad.</p> <p><u>Temporal</u> (T). - Es una alteración no permanente en el tiempo (hasta 10 años), llegando a ser en algunos casos persistente (muy duradero o pertinaz).</p> <p><u>Fijo</u> (F). - Es una alteración continua en el tiempo sobre los factores ambientales considerados (mayor a 10 años).</p>
Periodicidad	<p>Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto. Para su evaluación se considera:</p> <p><u>Discontinuo</u>. - El impacto tendrá alteraciones irregulares o intermitentes en su permanencia. En las celdas de la matriz serán señalados con líneas horizontales.</p> <p><u>Continuo</u>. - Es una alteración del impacto constante en el tiempo. En las celdas de la matriz serán señalados con líneas verticales.</p> <p><u>Periódico</u>. - El impacto tendrá un efecto de acción cíclica o recurrente en el tiempo. En las celdas de la matriz serán señalados con una cuadrícula.</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  <p>Discontinuo</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  <p>Continuo</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  <p>Periódico</p> </div> </div>
Carácter	<p>Es la valoración del impacto de las acciones sobre los indicadores ambientales. Para su evaluación se consideran:</p> <p><u>Benéficos</u>. - Se refieren a acciones que contrarrestan los efectos del impacto humano o bien resultan propositivos para el medio. En las celdas de la matriz serán señalados en con el símbolo (+).</p> <p><u>Negativos mitigables</u>. - Son impactos susceptibles a aplicar medidas de prevención y/o mitigación. En las celdas de la matriz serán señalados con color azul.</p>

Criterio	Descripción y evaluación
	<p><u>Negativos no mitigables.</u> - Son los impactos negativos de carácter irreversible, que no pueden ser compensados con alguna medida. En las celdas de la matriz serán señalados con color verde.</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">(+) Benéficos</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Negativos Mitigables</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Negativos no mitigables</div> </div>
Magnitud	Es la valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada; grado, extensión o escala. En la celda izquierda de cada acción se coloca un número entre 1 y 10 para indicar la magnitud del posible impacto (mínima = 1) después de cada número se colocará el signo (-) si el impacto es perjudicial y (+) si es benéfico, así mismo serán categorizados como baja (-/+ del 1 al 3), media (-/+ del 4 al 6) y alta (-/+ del 7 al 10).
Importancia	Es el valor ponderal que da peso relativo del potencial impacto. En la celda derecha de cada acción se coloca un número entre 1 y 10 para indicar la importancia del posible impacto, así mismo serán categorizados como baja (del 1 al 3), media (del 4 al 6) y alta (del 7 al 10).

V.1.2. Indicadores de impacto

Los indicadores de impacto se definen como “un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio” (Ramos, 1987), por lo que son variables que evidencian las alteraciones sobre el factor ambiental. Un indicador es capaz de caracterizar cualitativa o cuantitativamente el estado del factor que se pretende valorar.

Con el fin de establecer indicadores de impacto representativos y de relevancia en el área de estudio, se eligieron elementos cualitativos y de relevancia en el área de estudio, agrupados en: medio abiótico, medio biótico y medio socioeconómico, los cuales se describen en la **Tabla V_2**. Estos estarán listados en el eje vertical de la matriz modificada de Leopold.

Tabla V_2. Indicadores ambientales para la matriz modificada de Leopold.

Componente	Indicador ambiental
Medio Abiótico	
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Contaminación del suelo:</i> Se refiere a la posible contaminación del suelo por la generación de residuos en las diferentes etapas del proyecto. • <i>Topografía:</i> Se refiere a la modificación de la morfología actual de la playa. • <i>Playa:</i> Es un elemento de cambio continuo susceptible a una erosión constante, este parámetro se enfoca al cambio en el perfil, asentamiento artificial del grano y a su tamaño. • <i>Duna:</i> Considera el cambio en su topografía y su estabilización.

Componente	Indicador ambiental
Atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Calidad del aire.</i> En este apartado se identifican los factores que pudieran alterar los estándares de CO₂ y partículas liberadas a la atmósfera a causa del uso de equipo durante la obra. • <i>Confort sonoro.</i> Generación de sonidos inarticulado y confuso, alboroto auditivo no deseado por el receptor. Para el trabajo con equipo menor se considerarán los tiempos específicos de su uso y los horarios de la jornada laboral.
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Calidad del agua superficial y subterránea.</i> Refleja los aportes desde la atmósfera, el suelo y las reacciones agua-roca (meteorización), así como las fuentes de contaminación tales como residuos sólidos urbanos y aguas residuales. • <i>Consumo de agua.</i> Se refiere al volumen de agua potable a utilizar para diversas actividades. • <i>Turbidez.</i> Se considera la presencia de partículas suspendidas que pueden derivarse de los trabajos programados en la zona costera y marina. • <i>Calidad del agua subterránea:</i> Considera el efecto del uso del suelo por las obras provisionales a habilitarse en diversos predios libres de vegetación.
Dinámica costera	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Relieve marino-costero.</i> Si bien el litoral es un elemento de cambio constante, este parámetro se refiere a un cambio brusco en la topografía en la zona marina, que sea un cambio extraordinario a la dinámica natural, aun contemplando casos extremos como son los de tormenta. • <i>Patrones de corrientes costeras:</i> Considera el cambio la circulación costera por la habilitación de las obras. • <i>Incidencia del oleaje.</i> Se consideran el efecto de la intensidad de oleaje y el porcentaje de ocurrencia del oleaje. • <i>Sedimentos.</i> Se refiere a la modificación del sustrato marino arenoso, así como su proceso de dispersión y depositado. • <i>Protección costera:</i> Considerarán el efecto de la habilitación de las obras sobre la zona costera.
Electricidad	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Consumo de energía.</i> Se refiere a la cantidad de energía eléctrica necesaria para operar las bombas para relocalizar arena y al compresor que dota de aire a los buzos.
Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Calidad paisajística.</i> Está conformada por tres elementos de percepción: las características intrínsecas del sitio, la calidad visual y la calidad del fondo costero y marino en términos de visibilidad, riqueza biológica y seguridad.
Medio Biótico	
Fauna y flora marina	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Distribución.</i> Se refiere a la afectación que pudieran ocasionar las obras en la disposición y ubicación de los organismos presente en el área del proyecto. • <i>Diversidad y abundancia.</i> Se refiere a la afectación que pudieran ocasionar las obras al número de organismos y la variedad de especies de encontradas en el área del proyecto.
Flora y fauna Costera	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Distribución.</i> Se refiere a la afectación que pudieran ocasionar las obras en la disposición y ubicación de los organismos presente en el área del proyecto. • <i>Diversidad y abundancia.</i> Se refiere a la afectación que pudieran ocasionar las obras al número de organismos y la variedad de especies de encontradas en el área del proyecto. • <i>Incremento de la cobertura:</i> Se considera que la conformación de la duna será un espacio a ser revegetado con especies nativas y típicas de dichos hábitats. • <i>Fomento de hábitats:</i> La duna revegetada será un espacio para diversas especies terrestres.
Especies protegidas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Recuperación del hábitat:</i> Se considera que la recuperación de la playa evitará la pérdida de hábitat de especies de flora y fauna con algún estatus de protección como lo son los mangles y la cacerolita entre otras. • <i>Preservación de las especies:</i> Con la recuperación de su hábitat aumentará el número de individuos de las especies protegidas.

Componente	Indicador ambiental
Medio Socioeconómico	
Población	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Calidad de vida.</i> Este factor se refiere a la mejora en la calidad de vida de la población por consecuencia de un trabajo que aporte ingresos a la economía de los trabajadores. • <i>Aceptación del proyecto.</i> Se refiere al nivel de aceptación o rechazo del proyecto, considerando su importancia en la comunidad y efectos socioculturales.
Economía	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Empleo.</i> En este elemento encontramos empleos directos temporales y permanentes para el desarrollo del proyecto, y por otro lado, también existe la generación de empleos indirectos como consecuencia de las transacciones de compra-venta de insumos durante el proyecto. • <i>Sector privado.</i> Se contempla el impacto en la economía de este sector al desarrollarse tanto la etapa constructiva del proyecto como la de operación, así como todas las actividades generadas por el comercio y turismo. • <i>Sector público.</i> En este rubro se contempla el impacto en la economía en todos los órdenes de gobierno por la recuperación de una zona de playa de uso turístico- recreativo (autorizaciones, servicios municipales, recaudación fiscal, etc.).

V.2. Impactos ambientales

V.2.1. Acciones del proyecto susceptibles de causar impacto

Las acciones son todas aquellas actividades que se realizarán para la implementación del proyecto. Serán divididas en acciones preliminares y las etapas del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento) y estarán listadas en el eje horizontal de la matriz modificada de Leopold (Tabla V_ 3).

Tabla V_ 3. Acciones e impactos por indicador en cada etapa del proyecto.

Etapa	Acción
Acciones preliminares	Elaboración de estudios previos
	Pago de permisos y autorizaciones preliminares
	Planeación de actividades para la implementación del proyecto
Preparación del sitio	Contratación de personal, compra de materiales e insumos y renta de maquinaria
	Trabajos pre-operativos y habilitación de obras auxiliares
	Movilización-Traslado de material y maquinaria
	Limpieza del sitio y delimitación de las áreas de trabajo
	Rescate y reubicación de vegetación
	Relocalización de fauna de lento desplazamiento
	Colocación de tubería de polietileno y bomba
Construcción	Contratación de personal, compra de materiales e insumos y renta de maquinaria
	Demolición, retiro y reuso de espigones existentes
	Formación del tapete anti-socavación de las estructuras de protección y cuerpo de los espigones
	Construcción del cuerpo de estructura de los rompeolas
	Transporte y colocación de cubos de concreto de los rompeolas
Retiro de camino de acceso a los rompeolas	

Etapa	Acción
	Bombeo y relocalización de arena
	Conformación del núcleo de la duna costera
	Revegetación de la duna costera
	Habilitación de pasos y andadores peatonales de madera
	Colocación de letreros informativos del proyecto
	Retiro de equipo y limpieza de área al final del proyecto
	Uso de obras y servicios (auxiliares y de la isla)
Operación y mantenimiento	Funcionamiento de las obras
	Uso de las obras
	Contratación de personal
	Reparación a los rompeolas y espigones
	Mantenimiento eventual de las estructuras de madera
	Reposición de arena por eventos extraordinarios
	Mantenimiento de la vegetación
	Uso de obras y servicios (auxiliares y de la isla)

V.2.2. Valoración y descripción de los impactos

El proyecto tiene como propósito la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo, por lo que entre los principales impactos positivos esperados se encuentra revertir la erosión de la zona costera a partir de la recuperación de la playa, implementación de obras de estabilización, revegetación de la duna costera, extracción de secciones de espigones obsoletos y mejoramiento del paisaje. Lo anterior como una medida de adaptación ante los efectos del cambio climático.

Una vez establecidos los indicadores ambientales y las acciones del proyecto dentro de la Matriz modificada de Leopold (dividida en este caso en A y B, **Tabla V_ 4** y **Tabla V_ 5** respectivamente, Anexas en tamaño doble carta) se identificaron 178 impactos producto de 31 acciones listadas en la **Tabla V_ 3**.

En la **Tabla V_ 6** se describen los impactos de cada acción sobre cada uno de los indicadores ambientales y las acciones que se realizarán durante el desarrollo del proyecto para minimizar los impactos que se generarán.

Tabla V_ 6. Acciones e impactos por indicador en cada etapa del proyecto.

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
ACCIONES PRELIMINARES			
Elaboración de estudios previos	Empleo	Generación de empleo temporal para profesionistas (+).	La ejecución del presente estudio permite describir las actividades que se desarrollarán en cada etapa del proyecto y los diferentes impactos positivos o negativos que pudieran afectar el entorno. Para este fin, se contrató personal capacitado para la realización de las evaluaciones correspondientes.
	Sector privado	Incremento en la demanda de contratación de servicios (+).	El impacto de esta actividad se considera benéfico, discontinuo y significativo, debido a la derrama económica local por la generación de empleos temporales y la contratación de personal calificado para el desarrollo del proyecto.
Pago de permisos y autorizaciones preliminares	Empleo	Contribución al mantenimiento del empleo gubernamental (+).	Previo al inicio de obra se realizará la gestión y obtención de autorizaciones ante las dependencias correspondientes para llevar a cabo el proyecto, esto provocará una derrama económica a nivel local.
	Sector público	Derrama económica a dependencias gubernamentales (+).	El impacto de esta actividad se considera benéfico, discontinuo y significativo, debido a que el proyecto se evaluará por las autoridades correspondientes, a quienes se les informará recurrentemente del cumplimiento de las condicionantes establecidas en las autorizaciones.
Planeación de actividades para la implementación del proyecto	Empleo	Generación de empleo temporal para profesionistas (+).	Considerando la magnitud del proyecto y para que este se lleve al pie de la letra con lo establecido en el presente documento, se realizará por los constructores la planeación estratégica de todas y cada una de las actividades a realizar, incluyendo el seguimiento a las condicionantes ambientales.
	Sector privado	Incremento en la demanda de contratación de servicios (+).	El impacto de esta actividad se considera benéfico, discontinuo y significativo, se generará empleo para personal calificado en el ramo de la construcción.

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
PREPARACIÓN DEL SITIO			
Contratación de personal, compra de materiales e insumos y renta de maquinaria	Calidad de vida	Mejora en la calidad de vida de los trabajadores (+).	<p>Para el desarrollo del proyecto se realizará la contratación de personal capacitado, el cual se tomará en cuenta para continuar no solo en la etapa de preparación del sitio sino hasta la etapa de operación y mantenimiento. También se requerirá de una gran cantidad de mano de obra, la cual será contratada conforme el avance del proyecto y dependiendo de la actividad que se pretenda realizar.</p> <p>Se considerará como primera instancia generar fuentes de trabajo para los habitantes locales o del poblado más cercano, con la finalidad de no generar un aumento temporal en la población de isla.</p> <p>El impacto de esta actividad se considera benéfico, discontinuo y significativo en la derrama económica local que desarrollará por la generación de empleos temporales de acuerdo al tiempo de duración para cada etapa del proyecto, permitiendo contar con una mejor calidad de vida y a su vez el sector privado se beneficia al contar con personal calificado.</p> <p>La compra de materiales e insumos para la realización del proyecto se realizará conforme a su avance. El impacto de esta actividad se considera benéfico, discontinuo y significativo debido a la derrama económica local durante la obra (temporal) que desarrollará la compra de materiales e insumos específicos y especiales para el desarrollo del proyecto.</p>
	Empleo	Generación de empleo temporal (+).	
	Sector privado	Incremento en la demanda de contratación de obras y compra de insumos (+).	
		Activación de la economía (+).	
Trabajos pre-operativos y habilitación de obras auxiliares	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	<p>En la etapa de preparación del sitio, se instalará en un predio ya impactado el patio de maniobras, mismo donde serán ubicadas todas las obras provisionales, se resguardará el equipo y materiales que sin un manejo adecuado pudieran generar contaminación del suelo y contaminación visual, por lo que se tomarán las medidas necesarias para mitigar cualquier tipo de impacto. Solamente el compresor y accesorios se ubicarán convenientemente conforme el avance el proyecto.</p> <p>La actividad generará un impacto en la visibilidad del paisaje, pero se considera mitigable, discontinuo e insignificante debido a que almacenará material en el predio. No obstante, el patio de maniobras contará con las</p>
	Topografía	Nivelación del predio.	
	Consumo de agua	Generación de residuos sólidos.	
		Incremento en el consumo agua.	
	Consumo de energía	Incremento en el consumo energético y uso de plantas eléctricas.	
	Calidad paisajística	Ocupación temporal de un espacio en el predio.	
Calidad de vida	Prevención de accidentes y		

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
		bienestar de los obreros (+).	medidas necesarias para evitar que en dado caso que se utilizaran materiales en estado líquido o sólido pudieran contaminar el suelo, dicha actividad será momentánea (fugaz) ya que no permanecerán por mucho tiempo.
	Aceptación del Proyecto	Sensación de no impacto de las obras auxiliares (+).	
Movilización-traslado de material y maquinaria	Calidad del aire	Contaminación por vehículos pesados en la isla.	El traslado de materiales y equipos para la realización del proyecto, promueve la contratación de servicios de maquinaria para el transporte, contribuyendo así a la derrama económica con la contratación de empresas dedicadas a este ramo, tanto en la parte terrestre como en el área marina.
	Confort sonoro	Ruido por vehículos pesados en la isla.	
	Calidad paisajística	Inserción temporal de un elemento ajeno al medio.	La actividad generará un deterioro fugaz en la visibilidad del paisaje con el paso de camiones por la isla, lo que a su vez podría generar una sensación de molestia entre los pobladores, sin embargo, la transportación de los materiales y equipos hasta el lugar se considera como una actividad que genera un impacto mitigable y por corto tiempo (temporal). Sin embargo, también se considera benéfico, discontinuo debido a la derrama económica local que desarrollará en la compra de insumos en el sector privado.
	Calidad de vida	Molestias por la presencia de camiones pesados en la isla.	
	Sector privado	Derrama económica local (+).	
Limpieza del sitio y delimitación de las áreas de trabajo	Contaminación del suelo	Se retirarán de la zona todos aquellos residuos sólidos que pudieran quedar sepultados (+).	Al inicio de las actividades se realizará una limpieza del área del proyecto, recolectando todos aquellos residuos que pudieran quedar enterrados. Así como el retiro de vegetación secundaria de especies vegetales oportunistas.
	Calidad paisajística	Colocación de un elemento ajeno al medio.	
	Flora y fauna costera - distribución	Socoleo de vegetación secundaria.	Además, se colocará señalética en las áreas de trabajo, misma que se mantendrá hasta finalizar las obras y se recolocará en las actividades de mantenimiento, la cual consistirá en: Área terrestre: letreros prohibitivos y de advertencia que indiquen el cuidado al medio ambiente y la debida precaución en el desarrollo de las obras. Así mismo se colocarán cintas de advertencia, con el fin de evitar accidentes, tanto de los visitantes como de los trabajadores. Área marina: se delimitará el área de relocalización de arena con boyado de seguridad y banderines, lo cual impactará en forma benéfica la seguridad en el trabajo, aunque paisajísticamente se añaden elementos ajenos al medio. Estas acciones son consideradas en su mayoría mitigables debido a que alterarán la vista
	Calidad de vida	Seguridad en el área de trabajo, prevención de accidentes (+).	
	Aceptación del Proyecto	Molestias entre los habitantes por elementos ajenos al medio.	

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
			<p>natural del paisaje, no obstante, también se consideran impactos benéficos debido a que son fundamentales para salvaguardar la integridad del personal que intervengan de manera directa o indirecta en la zona del proyecto.</p> <p>El impacto de esta actividad se considera discontinuo pero significativo e insignificante en algunos casos, debido a la importancia de contar la delimitación del área donde se desarrollará el proyecto (fugaz) y libre de residuos, esto con la finalidad de evitar cualquier acontecimiento negativo hacia los visitantes del lugar.</p>
Rescate y reubicación de vegetación	Calidad paisajística	Afectación por la extracción de un elemento natural del medio.	<p>En las zonas donde exista vegetación de duna costera se llevará a cabo un rescate conforme al programa establecido, lo que generará una molestia temporal de los habitantes por la sensación de la pérdida temporal de los organismos vegetales. Por lo mismo se perderá temporalmente la cobertura vegetal, la diversidad y abundancia de la zona.</p> <p>De acuerdo a los estudios realizados, se encontró que solo la parte Noreste conserva parte de la duna costera, ya que en el resto del área del proyecto esta se ha perdido a consecuencia de la erosión. Con el rescate de la vegetación se pretende conservar esos organismos para que, al finalizar la conformación del núcleo de la duna, estos sean replantados.</p> <p>El impacto de esta actividad se considera discontinuo pero significativo e insignificante en algunos casos, debido a la pérdida de la vegetación costera.</p>
	Flora y fauna costera - distribución	Retiro de especies vegetales.	
	Flora y fauna costera - diversidad y abundancia	Pérdida temporal de la diversidad y abundancia de especies vegetales.	
	Flora y fauna costera - incremento de la cobertura	Pérdida temporal de la cobertura de la duna costera.	
	Preservación de las especies protegidas	Rescate de los ejemplares vegetales presentes en la duna costera (+).	
	Aceptación del Proyecto	Molestia por extracción de la vegetación.	
Relocalización de fauna de lento desplazamiento	Flora y fauna marina - distribución	Relocalización de fauna marina de lento desplazamiento (+).	<p>Esta actividad se llevará a cabo en la etapa de preparación del sitio, se continuará el monitoreo durante la etapa de construcción y cuando se realicen labores de mantenimiento.</p> <p>De acuerdo a los estudios realizados, se encontró escasa diversidad de fauna marina de lento desplazamiento. Sin embargo, se realizarán actividades de inspección de la zona de influencia previa a la colocación de la tubería para la relocalización de la arena y durante el desarrollo de actividades.</p>
	Flora y fauna marina - diversidad y abundancia	Cambio del número de organismos y variedad de especies de fauna de lento desplazamiento en la zona del proyecto (+).	

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
	Preservación de las especies protegidas	Trasplante de los ejemplares rescatados a un vivero temporal (+).	<p>Durante la relocalización de arena se trasladará a los organismos a un sitio donde cuenten con todos los elementos ambientales que requieran y que tenga características similares a las del área de origen.</p> <p>El impacto de esta actividad se considera benéfico, discontinuo, fugaz e insignificante en su mayoría debido a que todos los organismos del predio se reubicaran y volverán a ocupar la zona al cese de las obras.</p>
Colocación de tubería de polietileno y bomba	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	<p>La colocación de tubería de polietileno para la relocalización de arena consiste en el ensamble de tramos de tubos los cuales se van uniendo para formar secciones de una determinada longitud. Estas secciones se articulan mediante bridas para lograr distancias mayores según sea necesario. La tubería se coloca sobre el fondo marino y no flotando, para no interferir en la navegación o nado de las personas, para su calza se coloca sobre lastres de geotextil por lo que la estructura no tendrá contacto con el suelo, esto como medida de protección a la flora marina, aunque ésta es muy escasa como se describió en el capítulo anterior.</p> <p>El impacto de esta actividad se considera mitigable, discontinuo e insignificante para las actividades temporales realizadas en el predio, en las cuales se implementarán las medidas pertinentes para evitar un impacto mayor principalmente en el manejo y disposición final de los residuos. En cuanto a la distribución de la fauna se considera benéfico ya que será de manera temporal, hábitat de organismos marinos. Para el caso de la calidad paisajística, se considera como un impacto no mitigable generado por la presencia de equipo, materiales, trabajadores en el área de playa y zona marina, sin embargo, solo se presentarán por corto tiempo (temporal).</p>
	Turbidez	Liberación de finos en suspensión.	
	Calidad paisajística	Inserción de un elemento ajeno al medio (-).	
	Flora y fauna marina - distribución	Hábitat temporal en la disposición y ubicación de organismos marinos.	
	Aceptación del Proyecto	Molestias por la presencia de elementos ajenos en el área marina.	
CONSTRUCCIÓN			
Demolición, retiro y reuso retiros de espigones existentes	Contaminación del suelo	Generación de residuos de la construcción.	Esta actividad consiste en la destrucción de parte de los bloques de mortero que conforman los espigones, provocando un cambio en el relieve marino por el retiro de dichos elementos ajenos al medio, que han perdido su función de
	Topografía	Extracción de un elemento ajeno a la superficie.	

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
	Calidad del aire	Contaminación por vehículos pesados en la isla.	<p>retener la arena y que actualmente algunos están dañados. Su extracción dará una percepción de playa continua sin elementos toscos en el ambiente.</p> <p>Los escombros que se generen serán reutilizados durante la etapa de construcción para conformar la base de rodamiento de caminos de acceso para el tránsito de grúas sobre orugas y camiones, indispensables para la construcción de las obras de protección.</p> <p>El impacto de esta actividad se considera mitigable, insignificante en su mayoría, fugaz en la extracción de los elementos.</p> <p>Para el caso de la calidad paisajística, se considera como un impacto no mitigable generado por la presencia de equipo, materiales, trabajadores en el área de playa y zona marina, así como la utilización temporal de dichos residuos como terraplén; sin embargo, solo se presentarán por corto tiempo (temporal).</p>
	Confort sonoro	Ruido por vehículos pesados en la isla.	
	Calidad del agua superficial	Contaminación de agua por residuos sólidos y turbidez.	
	Turbidez	Suspensión temporal del sedimento por la extracción de residuos.	
	Relieve marino - costero	Modificación del relieve marino por la extracción de un elemento ajeno.	
	Consumo de energía	Uso energía eléctricas para maquinaria.	
	Calidad paisajística	Presencia de maquinaria en la zona (-)	
		Colocación temporal de residuos de la construcción sobre la playa (-).	
	Flora y fauna marina - distribución	Pedida del uso de los espigones como hábitat	
	Calidad de vida	Extracción de estructuras no funcionales (+).	
Aceptación del Proyecto	Mejora del paisaje (+).		
Formación del tapete anti-socavación de las estructuras de protección y cuerpo de los espigones	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	<p>Las obras de protección requerirán en su base un tapete anti-socavación. Para su conformación se requiere de mortero premezclado (arena de playa-cemento-agua) que será bombeado a las bolsas de cimbra colocadas en la zona del proyecto.</p> <p>Durante el proceso se generarán impactos negativos mitigables, derivados por la colocación de las bolsas de cimbra llenas de mortero, como son residuos de algunos materiales, el ruido y el humo de la maquinaria utilizada, la suspensión del sedimento por las actividades, etc., estos impactos en su mayoría</p>
	Topografía	Inserción temporal de un elemento ajeno al medio.	
	Calidad del aire	Contaminación por vehículos pesados en la isla.	
	Confort sonoro	Ruido por vehículos pesados en la isla.	
	Calidad del agua superficial	Aumento de sólidos en suspensión.	
	Turbidez	Liberación de finos en suspensión.	

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
	Relieve marino - costero	Cambio en el perfil de la playa.	son insignificantes y fugaces, en el área del proyecto y discontinuos. Para mitigar dichos impactos, se colocarán mallas anti dispersión durante las obras, horarios de trabajo diurnos, usar maquinaria en buen estado, señalización, etc.
	Patrones de corrientes costeras	Restitución del transporte litoral (+).	La colocación de estas estructuras en el fondo marino generará un cambio en la topografía y afectará la calidad paisajística, estos impactos son negativos no mitigables, a ubicarse en el área del proyecto, así como fijos y temporales respectivamente, ya que con la implementación de otras obras la calidad paisajística se verá mejorada. Cabe considerar que la modificación del relieve marino es el objeto que se pretende para la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa.
	Incidencia de oleaje	Atenuación en la intensidad del oleaje (+).	
	Protección costera	Barrera contra marejadas no extraordinarias (+).	
	Calidad paisajística	Inserción de un elemento ajeno al medio.	
	Flora y fauna marina - distribución	Colonización de especies (+).	Con su habilitación también se generarán impactos benéficos a largo plazo que contrarrestan los impactos negativos antes mencionados.
	Flora y fauna marina - diversidad y abundancia	Sucesión de especies en nuevos hábitats (+).	
	Recuperación de hábitats de especies protegidas	Generación de hábitats susceptibles a ser ocupados (+).	
	Calidad de vida	Afectación temporal por las obras.	
Construcción cuerpo de estructura de los rompeolas	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	La construcción de los cubos se realizará por una empresa que se dedique a dicho proceso y que cuente con las condiciones para la fabricación de los mismos y que conformarán el cuerpo de los rompeolas.
	Calidad del aire	Contaminación por suspensión de materiales.	Para mitigar dichos impactos, se usará maquinaria en buen estado y se seguirá un programa de manejo de residuos.
	Confort sonoro	Ruido por uso de vehículos.	Durante la construcción se generarán impactos negativos mitigables, en su mayoría insignificantes, fugaces y discontinuos.
Transporte y colocación de cubos de concreto de los rompeolas	Topografía	Modificación temporal al relieve costero.	La transportación de los cubos que formarán el cuerpo de las obras se realizará por tierra en camiones o barcazas que cuenten con los aditamentos adecuados en relación a sus dimensiones. La colocación de estos podrá ser
	Relieve marino - costero	Colocación de estructuras de protección.	

Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional
 “Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo”

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
	Patrones de corrientes costeras	Restitución del transporte de litoral (+).	desde tierra o por mar dependiendo de su ubicación.
	Incidencia de oleaje	Atenuación en la intensidad del oleaje (+).	Durante la transportación y colocación se generarán dos impactos negativos insignificantes, en el área del predio y en la localidad, fijos y temporales, así como discontinuos.
	Protección costera	Barrera contra marejadas no extraordinarias (+).	La colocación de estas estructuras en el fondo marino generará un cambio en la topografía y afectará la calidad paisajística, estos impactos son negativos no mitigables, a ubicarse en el área del proyecto, así como fijos y temporales respectivamente, ya que con la implementación de otras obras la calidad paisajística se verá mejorada. Cabe considerar que la modificación el relieve marino es el objeto que se pretende para la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa.
	Calidad paisajística	Inserción de un elemento ajeno al medio.	Para mitigar dichos impactos, se colocarán mallas anti dispersión durante las obras, horarios de trabajo diurnos, usar maquinaria en buen estado, señalización, se seguirá un programa de manejo de residuos, etc.
	Flora y fauna marina - distribución	Colonización de especies (+).	Con su habilitación también se generarán impactos benéficos a largo plazo que contrarrestan los impactos negativos antes mencionados.
	Flora y fauna marina - diversidad y abundancia	Sucesión de especies en nuevos hábitats (+).	
	Recuperación de hábitats de especies protegidas	Generación de hábitats susceptibles a ser ocupados (+).	
	Calidad de vida	Afectación temporal por las obras.	
Retiro de camino de acceso a los rompeolas	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	Al concluir las obras se retirarán los elementos producto de la demolición de los espigones existentes y que serán usados temporalmente para los caminos de la maquinaria.
	Calidad del aire	Contaminación por vehículos pesados en la isla.	
	Confort sonoro	Ruido por vehículos pesados en la isla.	Esta actividad generará impactos negativos mitigables, insignificantes, en el área del proyecto y fugaces; para los cuales se aplicarán medidas como la implementación de un programa de manejo de residuos de la construcción, uso de maquinarias en buen estado, etc.
	Relieve marino - costero	Extracción de elementos ajenos al medio (+).	El beneficio de dicha actividad es remover de forma definitiva estructuras cuya función ha sido menguada con el tiempo.
	Bombeo y relocalización de arena	Topografía	Modificación del relieve costero (+).
	Confort sonoro	Generación de ruido por la bomba y compresor.	

Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional
 “Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo”

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
	Calidad del agua superficial	Suspensión de sedimentos en la columna de agua.	alterarán el relieve en forma temporal, las corrientes eventualmente recuperarán las zonas de extracción de arena.
	Turbidez	Liberación de finos en suspensión.	Se cuidará que se lleve a cabo un buen barrido del fondo, de tal manera que la arena vaya formando una pendiente suave pero sin escalones para no generar oquedades pronunciadas.
	Relieve marino - costero	Incremento del nivel de la playa (+).	El horario de trabajo será de 8:00 am a 6:00 pm, evitando así molestar a los visitantes por el zumbido generado por las bombas de extracción. Asimismo, se colocarán mallas anti dispersión en las áreas de succión y donde se relocalizará la arena, esto para minimizar la liberación de finos en suspensión.
	Patrones de corrientes costeras	Restitución del transporte de litoral (+).	
	Incidencia del oleaje	Disminución en la intensidad de oleaje (+).	
	Sedimentos	Incremento a la superficie de la playa (+).	
	Protección costera	Barrera contra marejadas extraordinarias (+).	El impacto de esta actividad se considera benéfico, continuo mayormente y significativo en la topografía, dinámica costera y paisaje, ocasionado por la recuperación de la playa al revertir el proceso erosivo actual, además estas actividades permanecerán mientras se les proporcione mantenimiento adecuado.
	Consumo de energía	Uso energía eléctricas para maquinaria.	
	Calidad paisajística	Mayor atractivo turístico (+).	Asimismo se tienen impactos mitigables, discontinuos e insignificantes para aquellas actividades de corto plazo (fugaz), como es la generación de ruido generado por los equipos, la dispersión de sedimentos y la turbidez que se generará por la relocalización de arena.
	Flora y fauna costera - incremento de la cobertura	Incremento de área susceptible a ser utilizada (+)	
	Flora y fauna costera - fomento de hábitats	Sucesión de especies en nuevos hábitats (+).	
	Recuperación de hábitats de especies protegidas	Incremento en la superficie de la playa (+)	
	Preservación de las especies protegidas	Recuperación del sustrato hábitat de las especies (+)	
	Calidad de vida	Playa para disfrute de la población y turistas (+)	
	Aceptación del Proyecto	Recuperación de la zona costera (+)	
	Sector público	Mayor ingreso por turismo (+).	
	Sector privado	Activación de la economía por uso de servicios turísticos (+).	
	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
Conformación del núcleo de la duna costera	Topografía	Inserción temporal de un elemento ajeno al medio.	<p>Para asegurar una mayor permanencia del sustrato arenoso en la playa, se conformará y revegetará una duna costera, misma que por la erosión se ha perdido en gran parte del área del proyecto. Dicha duna requiere de un núcleo de geotextil para asegurar su permanencia.</p> <p>Esta actividad generará impactos negativos mitigables e insignificantes en el área del proyecto, por la generación de residuos del material, así como la inserción de un elemento ajeno al medio.</p>
	Relieve marino - costero	Incremento del relieve costero (+).	
Revegetación de la duna costera	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	<p>La revegetación de la duna costera, estabilizará el sustrato arenoso de la misma al colocar ejemplares típicos de dicho sistema y replantar los ejemplares rescatados previamente. Los ejemplares vegetales se obtendrán de viveros autorizados.</p> <p>Esta actividad tiene un impacto positivo y significativo en el predio principalmente al mejorar el panorama del lugar y estabilizar el sustrato arenoso. Además sirve de protección al mitigar la erosión que se presenta normalmente en el área y ante eventos hidrometeorológicos.</p> <p>Los impactos generados por esta actividad, son residuos sólidos de los recipientes que contengan los ejemplares y el consumo de agua que se requiere para el riego de estos; mismos que serán insignificantes, fugaces y discontinuos.</p>
	Topografía	Contribución a la fijación del suelo arenoso (+).	
	Consumo de agua	Uso agua para el riego de las plantas.	
	Calidad paisajística	Mejoramiento del paisaje natural (+).	
	Flora y fauna costera - distribución	Incremento por sucesión de la vegetación (+).	
	Flora y fauna costera - diversidad y abundancia	Restitución de los ejemplares vegetales rescatados e inserción de especies típicas de la duna costera (+).	
	Calidad de vida	Estabilización de la duna costera, barrera ante eventos extraordinarios.	
Aceptación del Proyecto	Mejora visual de la zona costera (+).		
Habilitación de pasos y andadores peatonales de madera	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	<p>El hincado de pilotes para las estructuras de madera, se realizará mediante inyección de agua en el caso de la duna y en el caso de los andadores por la perforación del elemento de concreto.</p> <p>El impacto de esta actividad se considera mitigable, insignificante, fugaz y discontinua, como son el manejo y disposición final de residuos, el ruido generado por el equipo, etc.</p>
	Confort sonoro	Generación de ruido maquinaria.	
	Calidad paisajística	Terminación estética de las estructuras (+).	
	Calidad de vida	Disfrute del paisaje (+).	
Accesibilidad a la playa (+).			

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
	Aceptación del Proyecto	Mejoramiento del paisaje turístico (+).	La colocación de los andadores peatonales de madera ofrecerá una vista estética a las obras de protección. Mientras que los pasos de duna será un acceso a la playa sin afectar la vegetación de la misma.
Colocación de letreros informativos del proyecto	Aceptación del Proyecto	Difusión de las obras y objetivos (+).	La colocación de letreros informativos con las características generales del proyecto y sus beneficios, propiciará la aceptación del proyecto entre la población de la Isla.
Retiro de equipo y limpieza de área al final del proyecto	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	Una vez finalizados los trabajos de preparación del sitio, se procederá a retirar los equipos y materiales del área de playa y se realizará la limpieza pertinente, dando disposición final adecuada.
	Calidad paisajística	Mejora en el panorama del lugar con el retiro de equipos (+).	El impacto de esta actividad se considera benéfico, discontinuo y significativo debido a que se retirarán los elementos de la obra que ocupaban un espacio en el predio. Sin embargo, se generarán residuos, lo que será un impacto negativo mitigable insignificante, discontinuo a corto tiempo (fugaz).
Uso de obras y servicios (auxiliares y de la isla)	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	El servicio de agua, energía eléctrica, sanitarios provisionales, disposición de residuos y comedor durante las obras y actividades del proyecto se ubicará en el patio de maniobras.
	Calidad del aire	Contaminación por actividades en el patio de maniobras.	
	Confort sonoro	Ruido por actividades en el patio de maniobras.	Los impactos se consideran mitigables, discontinuos e insignificantes, que serán actividades que solo se realizarán por corto tiempo (fugaz). Adicionalmente se considera una posible contaminación al agua subterránea, la cual se podría evitar con la implementación de las medidas de mitigación.
	Consumo de agua	Incremento en la demanda de agua durante la obra.	
	Calidad del agua subterránea	Contaminación por actividades en el patio de maniobras.	
	Consumo de energía	Incremento en el consumo energético durante la obra.	
	Sector privado	Incremento del gasto de insumos durante la obra.	
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			
Funcionamiento de las obras.	Relieve marino - costero	Incremento en la línea de costa (+).	El principal funcionamiento de las estructuras de protección (rompeolas y espigones) es la reducción de la energía del oleaje que ingresa en la playa para mejorar la seguridad y el
	Incidencia del oleaje	Disminución en la intensidad de oleaje (+).	

Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional
 “Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo”

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
	Sedimentos	Mantenimiento de la arena relocalizada (+).	<p>confort de los bañistas, asimismo es una protección a la playa. Esto permitirá que se mantenga una gran extensión de área de costa por largo tiempo.</p> <p>Las estructuras de protección emergerán ligeramente, al colocarles sobre estas una terminación de madera, disimulando así su presencia, en consecuencia, el impacto visual será agradable ya que se generará un atractivo turístico. En ocasiones de marejadas fuertes, el oleaje romperá sobre ellas generando un paisaje con presencia de espuma.</p> <p>Las obras generarán zonas de protección para diversos organismos, lo que generará un aumento de la diversidad y abundancia de las especies marinas de flora y fauna, lo que se considera un impacto fijo, continuo y significativo.</p> <p>El impacto de esta actividad se considera benéfico, continuo y significativo principalmente porque se podrá contar con una gran extensión de playa evitando la continua erosión del sitio disminuyendo así igualmente la intensidad del oleaje</p>
	Protección costera	Incremento en la superficie y estabilización de la playa (+).	
	Calidad paisajística	Mejoramiento del paisaje turístico (+).	
	Flora y fauna marina - distribución	Colonización de especies (+).	
	Flora y fauna marina - diversidad y abundancia	Sucesión de especies en nuevos hábitats (+).	
	Flora y fauna costera - distribución	Incremento de área susceptible a ser utilizada (+).	
	Flora y fauna costera - diversidad y abundancia	Sucesión de especies en nuevos hábitats (+).	
	Flora y fauna costera - incremento de la cobertura	Incremento a la vegetación costera de la zona (+).	
	Flora y fauna costera - fomento de hábitats	Sucesión de especies de fauna en la vegetación (+).	
	Recuperación de hábitats de especies protegidas	Incremento en la superficie de la playa (+).	
	Preservación de las especies protegidas	Recuperación del sustrato hábitat de las especies (+).	
	Calidad de vida	Protección por el embate de fuertes marejadas (+).	
	Aceptación del Proyecto	Mejoramiento del paisaje natural (+).	
	Sector público	Restitución del área de ZOFEMAT (+)	
	Sector privado	Activación de la economía por uso de servicios turísticos (+).	
Uso de las obras	Calidad de vida	Mejora en el panorama del lugar y protección del	Con las obras terminadas, se obtendrá una gran extensión de playa donde los turistas y

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
		predio ante eventos hidrometeorológicos (+).	<p>pobladores podrán recrearse y disfrutar del mar. Se generará la sensación de protección de sus bienes al disminuir la intensidad del oleaje por los rompeolas, mismos que protegerán durante algún evento extraordinario de poca magnitud.</p> <p>El impacto de esta actividad se considera benéfico, continuo y significativo debido a que el relieve costero será modificado para evitar la continua erosión del sitio. Por consiguiente, el proyecto será aceptado a nivel local de manera permanente (fijo).</p>
	Aceptación del proyecto	Aprobación por parte de la comunidad (+).	
	Sector público	Pago de concesiones (+).	
	Sector privado	Incremento de visitantes a la isla (+).	
Contratación de personal	Calidad de vida	Mejora en la calidad de vida de los trabajadores (+).	<p>Durante el mantenimiento del proyecto se realizará la contratación de personal capacitado y se generarán empleos para los habitantes de la isla.</p> <p>El impacto de esta actividad se considera benéfico, periódico y significativo debido a la recurrencia en la derrama económica local que desarrollará por la generación de empleos temporales de acuerdo al tiempo y alcances del mantenimiento, permitiendo contar con una mejor calidad de vida y a su vez al sector privado se beneficia al contar con personal calificado.</p>
	Empleo	Generación de empleo temporal (+).	
	Sector privado	Incremento en la demanda de contratación de obras (+).	
Reparación a los rompeolas y espigones	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	<p>En caso de que alguna de las estructuras de protección se dañara por defecto de fabricación o eventos extraordinarios se llevará acabo la reparación de estas.</p> <p>Lo impactos serán mínimos dependiendo el alcance de la reparación, de manera periódica e insignificantes.</p>
	Confort sonoro	Ruido por uso de equipo.	
Mantenimiento eventual de las estructuras de madera	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos.	<p>En caso de presentarse algún desajuste o daño por defecto de fabricación, vandalismos o eventos extraordinarios, se llevará a cabo la reparación de las estructuras de madera.</p> <p>Lo impactos serán mínimos dependiendo el alcance de la reparación, de manera periódica e insignificantes.</p>
Reposición de arena por eventos extraordinarios	Topografía	Modificación del relieve costero (+).	<p>La playa recuperada necesitará la intervención para su mantenimiento y permanencia, por lo que se prevé reponer anualmente la arena que se pierda por efectos de marejadas fuertes derivadas de fenómenos extraordinarios, conservando así la extensión de playa que se desea.</p>
	Confort sonoro	Generación de ruido por la bomba y compresor.	
	Calidad del agua superficial	Suspensión de sedimentos en la columna de agua.	

Acción	Indicador Ambiental	Impacto ambiental	Descripción
	Turbidez	Liberación de finos en suspensión.	En cuanto a la topografía del predio, y para la calidad paisajística, la actividad realiza un impacto benéfico, significativo en su mayoría y cuya duración fluctuará dependiendo de las condiciones ambientales. De igual forma se presentan impactos continuos que mantendrán el relieve marino al beneficiar la acumulación de arena debido a la disminución del oleaje.
	Relieve marino - costero	Modificación al fondo marino para favorecer la acumulación de arena (+).	
	Incidencia del oleaje	Disminución en la intensidad de oleaje (+).	
	Sedimentos	Incremento a la superficie de la playa (+).	
	Protección costera	Recuperación de la playa (+).	
	Consumo de energía	Consumo energético durante las actividades de mantenimiento.	
	Calidad paisajística	Mayor atractivo turístico (+).	
Mantenimiento de la vegetación	Consumo de agua	Uso agua para el riego de las plantas.	En la etapa de operación y mantenimiento los organismos vegetales trasplantados requerirán del riego constante mientras pase su periodo de adaptación.
	Calidad paisajística	Mejoramiento del paisaje natural (+).	El impacto en el consumo de agua para riego será mitigable estableciendo horarios y por un periodo de tiempo corto. El mantenimiento de la vegetación de duna costera será benéfico, significativo para la supervivencia de los ejemplares.
	Flora y fauna costera - diversidad y abundancia	Aumento en el número de ejemplares (+).	
	Flora y fauna costera - incremento de la cobertura	Incremento a la vegetación costera de la zona (+).	
Uso de obras y servicios (auxiliares y de la isla)	Contaminación del suelo	Desincorporación de los residuos generados durante el mantenimiento.	Durante las etapas de operación y mantenimiento, se aumentará el consumo de servicios de la isla (agua, electricidad), así como de los gastos que se requieren para las actividades de mantenimiento.
	Consumo de agua	Incremento en la demanda de agua durante el mantenimiento.	El impacto se considera mitigable, periódico en su mayoría e insignificante para el manejo y disposición final de residuos, consumo de agua y energía, ya que serán actividades que solo serán requeridos por corto tiempo (fugaz).
	Consumo de energía	Incremento en el consumo energético durante el mantenimiento.	
	Sector privado	Incremento del gasto de insumos durante el mantenimiento.	

V.3. Conclusión de la valoración de los impactos

El análisis de los impactos se realizó comparando las características del medio abiótico, biótico y socioeconómico del área del proyecto y su sistema ambiental. Al respecto se observaron un total de 178 impactos (97 positivos, 6 negativos no mitigables y 75 mitigables) de los cuales 100 impactarán en el medio abiótico, 32 en el medio biótico y 46 en el medio socioeconómico (**Tabla V_ 7**).

Como se puede apreciar en la **Figura V_ 1**, la mayoría de los impactos del proyecto son insignificantes, a realizarse sólo en el predio, de carácter fugaz y discontinuo. Así mismo los impactos mitigables ocupan el 42% del total y sólo el 3% de los impactos es negativo no mitigable, mientras que los impactos benéficos que traerá el desarrollo del proyecto ocupan al 55% del total.

Durante la implementación del proyecto, la mayoría de los impactos tanto benéficos como mitigables ocurrirán en la etapa de construcción. Una vez implementadas las obras, los impactos en la etapa de operación y mantenimiento serán mayormente positivos, con algunos impactos mitigables que ocurrirán durante las actividades de mantenimiento (**Figura V_ 2**).

Los impactos benéficos en su mayoría fueron considerados de baja a alta magnitud e importancia; mientras que los impactos adversos son en su mayoría de baja magnitud e importancia, aunado a la implementación de medidas de mitigación durante todas las etapas y a la inminente necesidad de recuperar, estabilizar y conservar la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, como una medida de protección y de adaptación ante los efectos del cambio climático, se concluye que el proyecto es viable y de necesaria aplicación (**Figura V_ 3**).

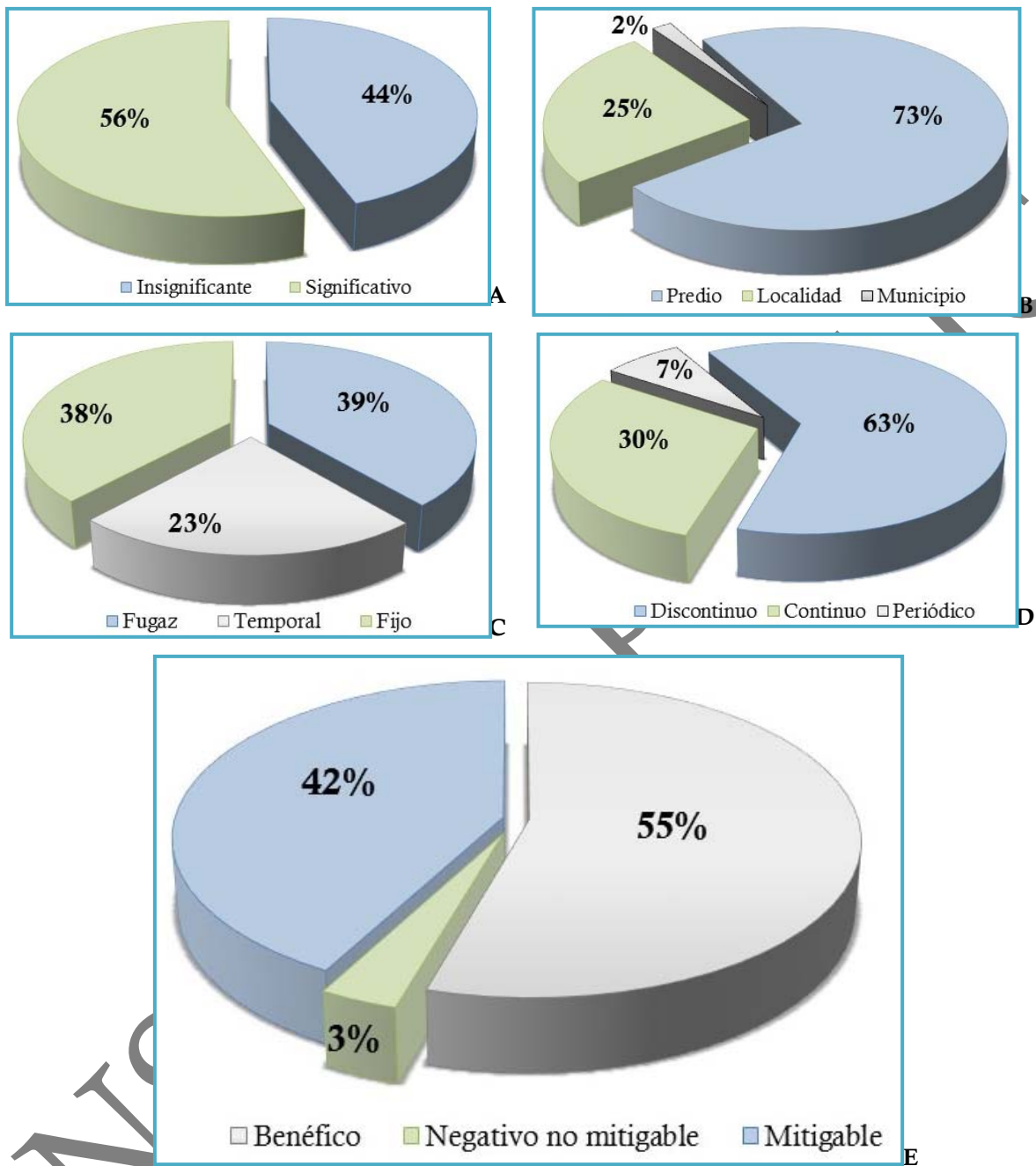


Figura V_1- Comparación de impactos previstos para el proyecto. A) Intensidad, B) Extensión, C) Duración, D) Periodicidad, E) Carácter.

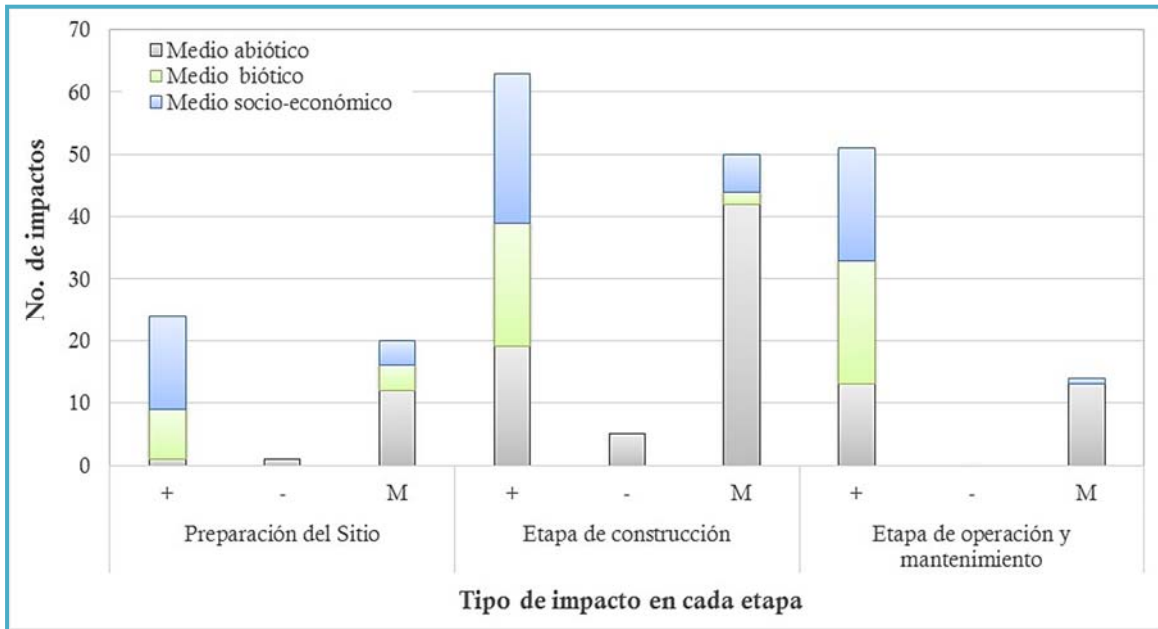


Figura V_2- Impactos previstos para el proyecto en cada una de sus etapas.

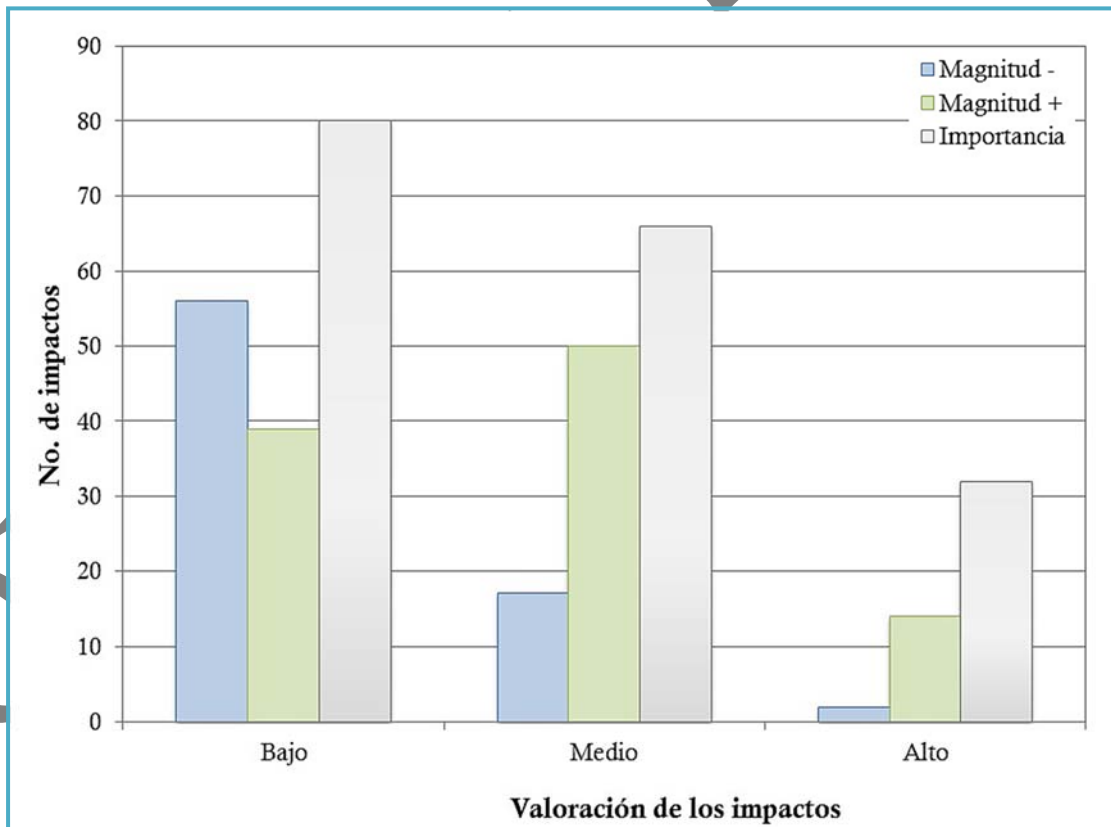


Figura V_3- Valoración de la magnitud e importancia de los impactos previstos para el proyecto.

Tabla V_ 7. Análisis de la valoración de los impactos.

Factores ambientales	Etapa de preparación del sitio			Etapa de construcción			Etapa de operación y mantenimiento			Total de impactos			Total
	+	-	M	+	-	M	+	-	M	+	-	M	
Medio abiótico	1	1	12	19	5	39	12	0	11	32	6	62	100
Medio biótico	5	0	4	12	0	1	10	0	0	27	0	5	32
Medio socio-económico	13	0	4	14	0	3	11	0	1	38	0	8	46
Total	19	1	20	45	5	43	33	0	12	97	6	75	178

V.4. Impactos residuales

Los impactos residuales son aquellos que persisten después de la aplicación de las medidas de mitigación, por lo que pueden ser considerados como negativos, algunos de los cuales son consecuencia de las obras y que son totalmente necesarias para la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica, Holbox.

Se consideraron como residuales tres impactos producidos por la modificación del relieve marino-costero mediante el bombeo y relocalización de arena, así como la habilitación de las estructuras de protección (espigones y rompeolas), que son:

1. *Cambio en el relieve marino-costero.* - La modificación permanente del relieve costero en este tipo de obras es considerada como un impacto residual de gran magnitud originado por la transformación de diversas variables costeras y de sedimentación. En casos específicos como este, el aumento de la línea de playa se considera favorable debido a que la erosión natural en el área del proyecto propicia una pérdida sustancial del arenal, con efectos negativos sobre la biodiversidad y la calidad paisajística.
2. *Bombeo y relocalización de arena.* - Las actividades de bombeo y relocalización de arena generan impactos insignificantes y discontinuos, debido a su efecto temporal. Este impacto resulta de la acción durante la extracción de arena y durante el vertimiento de la misma para el aumento de la línea de playa y la construcción de los rompeolas. Se elaborará un Programa de Monitoreo de Línea de Costa, con el fin de identificar los posibles cambios en la playa producto de la dinámica de corrientes e incidencia de eventos meteorológicos que ocurran después de que se establezcan las obras. Este programa se implementará una vez que se tenga la autorización por parte de la autoridad para ejecutar el proyecto.

3. *Habilitación de las estructuras de protección (espigones y rompeolas).* - Afectarán la calidad paisajística por la inserción de elementos ajenos al medio. El impacto negativo provocado por la alteración del ambiente bentónico no puede ser mitigado o reducido en su totalidad, su habilitación es primordial para revertir la erosión de la zona costera. Al tratarse de una zona de alta energía con sustrato no consolidado y con una baja diversidad, no se generarán afectaciones biológicas importantes.

Los impactos residuales representan las obras medulares del presente trabajo, sus efectos son fijos sobre el medio ambiente y su influencia es necesaria para revertir la erosión de la zona costera a partir de la recuperación y estabilización de la playa. La implementación de las medidas de mitigación y compensación propuestas reducirán el efecto de las actividades del proyecto sobre el medio abiótico, biótico y socioeconómico.

V.4.1. Impactos acumulativos y o sinérgicos

Adicionalmente existen algunos impactos que se producen en el área de influencia del proyecto y que son:

- **Impactos acumulativos:** Es el efecto en el ambiente que resulta de la adición de los impactos que potencialmente puede generar una obra o actividad, con los que ya generaron otras obras sobre el mismo componente ambiental o que actualmente los están generando.
- **Impactos sinérgicos:** Son aquellos que se producen cuando el efecto continuo de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales consideradas aisladamente.

El proyecto podrá generar los siguientes impactos acumulativos:

1. *Modificación de la estructura comunitaria y generación de hábitats.* - Las estructuras existentes en las Zonas Centro y Suroeste generaron sobre el sustrato arenoso hábitats para las especies marinas. La habilitación de las estructuras de protección incrementará dichos hábitats potenciales, ya sea aumentando la cobertura de algas, generando zonas de protección, de descanso, etc.
2. *Incremento de la calidad de vida.* - La habilitación de las obras existentes mejoran la calidad de vida en la zona de playa, Zonas Centro y Suroeste, al generar un área para las actividades recreativas de la población, las obras del proyecto coadyuvarán a mejorar dicha área en toda la Isla Chica, Holbox.
3. *Alteración a la topografía.* - Las obras existentes en las Zonas Centro y Suroeste (**Figura V_ 4**), y las zonas recuperadas de duna en la Zona Noreste han modificado benéficamente la topografía de la playa, las obras del presente proyecto incrementarán dicha alteración en beneficio de toda la Isla Chica, Holbox.



Figura V_4- Espigones habilitados en la Zona Centro.

4. *Recuperación de la duna costera.*- A pesar que en el área del proyecto, específicamente en la Zona Noreste, existen acciones de particulares para la recuperación y cuidado de la duna costera (Figura V_5). Las obras del proyecto tendrán una incidencia ambiental mayor a las acciones ya establecidas en toda la Isla Chica, Holbox.

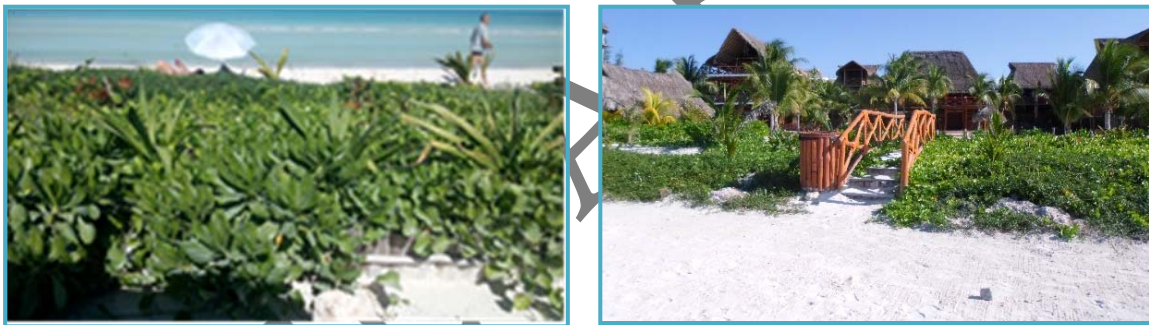


Figura V_5- Recuperación de la duna costera al Noreste del área del proyecto

La habilitación de las obras del proyecto no considera la generación de impactos sinérgicos.

V.5. Conclusiones

La implementación de las obras del proyecto generará 178 impactos en el medio abiótico (100 impactos), biótico (32 impactos) y socioeconómico (46 impactos), y la mayoría de estos serán benéficos (55%) y mitigables (42%). Los impactos que perdurarán a pesar de la implementación de las medidas de prevención y mitigación se refieren al objeto del presente proyecto, ya que la habilitación de las obras de protección costera, la implementación de la duna y la relocalización de arena son acciones que se han diseñado para que duren al menos 25 años, cuyo impacto por su habilitación no puede ser evitado y se considera, traerán un gran beneficio a la población.

Los impactos acumulativos del proyecto están asociados a alteraciones ya existentes y que mantendrán o ampliarán su impacto, que en una mayoría será benéfico hacia la estructura comunitaria y generación de hábitats, la calidad de vida, topografía y duna costera.

Independiente de los beneficios socioeconómicos del proyecto, éste conllevará a una pérdida temporal de la flora, la cual será restablecida con la implementación de las obras, pues pretende recuperar los ambientes degradados y su integridad funcional, así como mantener o aumentar la capacidad de carga de los ecosistemas que actualmente se encuentran en deterioro por la gran erosión de la Isla Chica, Holbox.

CONSULTA PÚBLICA

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

El Artículo 30° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente indica que los interesados deben presentar una Manifestación de Impacto Ambiental ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la cual deberá contener una descripción detallada de los efectos negativos que la realización de dicha obra traerá al medio ambiente. Deben considerarse todos los componentes bióticos y abióticos de dicho ecosistema, teniendo un especial énfasis en las medidas preventivas y de mitigación necesarias para reducir al mínimo o evitar los efectos perjudiciales sobre la flora y fauna presente.

En el presente capítulo se desarrollan y detallan las medidas para la prevención y mitigación de los posibles impactos ambientales generados para la realización del proyecto “*Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo*” que fueron identificados, descritos y evaluados en el capítulo anterior.

VI.1. Medidas preventivas y de mitigación

El objetivo del proyecto es mejorar y contrarrestar los efectos que la erosión ha ocasionado en la línea de costa de Holbox, así como lograr la conservación integral de la misma y con ello mejorar la imagen turística de la zona de playa, aunque la mayoría de los impactos mencionados en el capítulo anterior serán positivos, es necesario tener medidas de prevención y mitigación muy claras y hacerlas del conocimiento de todo el equipo de trabajo para evitar incidentes.

VI.1.1. Medidas generales

Las medidas generales que se aplicarán durante el desarrollo del proyecto son las siguientes:

1. Los trabajos se realizarán exclusivamente en el sitio de pretendida ubicación del proyecto.
2. Se proporcionará empleo preferentemente a las personas locales.
3. Se establecerá un horario de trabajo diurno, conforme a la normatividad vigente.
4. Se colocarán las instalaciones de almacenamiento provisionales fuera del área de playa, en pedios libres de vegetación y ya impactados.
5. Se implementarán medidas de seguridad de acuerdo a la normatividad competente en zonas de playa, dentro de la zona de obra, así como del área de influencia y para tráfico marítimo.

6. Se tomarán medidas seguridad para evitar accidentes y vigilar la seguridad con que deben realizarse los movimientos vehiculares dentro de la zona de obra y área de influencia.
7. Los sitios donde se resguardará el equipo y material se mantendrán en buen estado, evitando derrames de aceite, combustible u otros materiales. Para esto se colocarán dentro de un contenedor de plástico o sobre una lona.
8. Se acordonará con cintas de advertencia en secciones de la playa a medida que se avance para evitar que las personas ajenas a los trabajos se acerquen al área de maniobras.
9. El acceso de personal y equipo se realizará únicamente por caminos ya habilitados para no perturbar la zona de playa, y de esta manera, evitar incidentes.
10. Se contará con un equipo de primeros auxilios con medicamentos e instrumental de curación suficiente para emergencias, dicho botiquín se resguardará en el patio de maniobras. En caso de emergencias mayores, el personal lesionado será trasladado al centro de salud más cercano.
11. Se rentarán sanitarios portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores. La limpieza y disposición final de los residuos estará a cargo de la empresa arrendadora.
12. Se prohíbe el uso de fogatas, armas de fuego o explosivos dentro del área del proyecto y zona colindante.
13. Se colocarán señalamientos en el área de playa para promover la seguridad en el trabajo, así como el cuidado en el medio ambiente.
14. Durante la habilitación de las obras se establecerá un “*Reglamento de construcción*”, el cual se dará conocer a todos y cada uno de los trabajadores
15. Se tendrá que procurar no realizar obras durante la época de reproducción de la Cacerolita de mar.
16. Se ejecutará un Programa de vigilancia ambiental que contendrá lo siguiente:
 - Programa de monitoreo y supervisión ambiental,
 - Programa de control de línea de costa,
 - Programa de reubicación de fauna marina de lento desplazamiento,
 - Programa de monitoreo de recuperación de los sitios de disposición de arena,
 - Programa de acciones a seguir en caso de anidación de tortugas marinas,
 - Programa de manejo de residuos,

- Programa de rescate, mantenimiento y reubicación de flora,
- Programa de funcionamiento del proyecto, y
- Reglamento de construcción.

VI.1.2. Medida de compensación

Se propone la siguiente medida de compensación a la población que se aplicará durante el desarrollo del proyecto:

1. Disposición de un volumen de 50 mil m³ de arena para el relleno de algunas zonas bajas o bien para relleno de vialidades de la zona urbana, que formen parte de proyectos de esta comunidad.

A. Descripción general

El material para la presente medida de compensación se pretende obtener de un banco de arena localizado en la sección Sur Poniente de Isla Chica, la cual será depositada en tarquinas habilitadas en una zona ya afectada por trabajos anteriores similares al presente proyecto. Estos espacios de almacenamiento de arena serán confinados con bordos de material de la zona y reforzados con mallas anti dispersión de geotextil.

Posteriormente, una vez que la arena pierda la humedad del agua de mar, será trasladada para rellenar las oquedades de las vialidades que se encuentren en Isla Chica de Holbox, así como para nivelar las zonas bajas en donde se ha identificado ser necesaria dicha acción. Sin embargo, estas acciones como el traslado y relleno de vialidades, no serán consideradas en el marco del presente proyecto, para lo cual se presentará en su momento un segundo estudio ambiental posterior al presente.

El banco de donde se extraerá la arena, tiene una superficie aproximada de 40, 800 m². Se ha calculado que dicho banco posee un volumen aprovechable de 122, 400 m³ de arena, del cual solo se utilizarán 50, 000 m³. El área donde se colocarán las tarquinas ocupará una superficie de 3, 000 m².

Se pretende que el desarrollo de la medida de compensación se lleve a cabo en un breve tiempo, sin embargo, dependiendo de la temporada del año en el que se dé la extracción, éste podría variar por las condiciones climatológicas posibles a presentarse.

B. Recuperación del banco

Por la dinámica del transporte litoral este banco muestra condiciones de recuperación en corto tiempo, tal como se muestra en la **Figura VI_1** es una zona de acumulación natural de la arena. Además éste no es utilizado solo por temporadas por la fauna local como lo es la cacerolita de mas, para la cual se restablecen medidas de mitigación.

C. Ubicación

Las actividades de extracción de arena y su almacenamiento se ubican en dos polígonos de importancia: la zona consistente en el banco de préstamo de arena y la zona de almacenamiento de la misma en tarquinas (**Figura VI_1**).

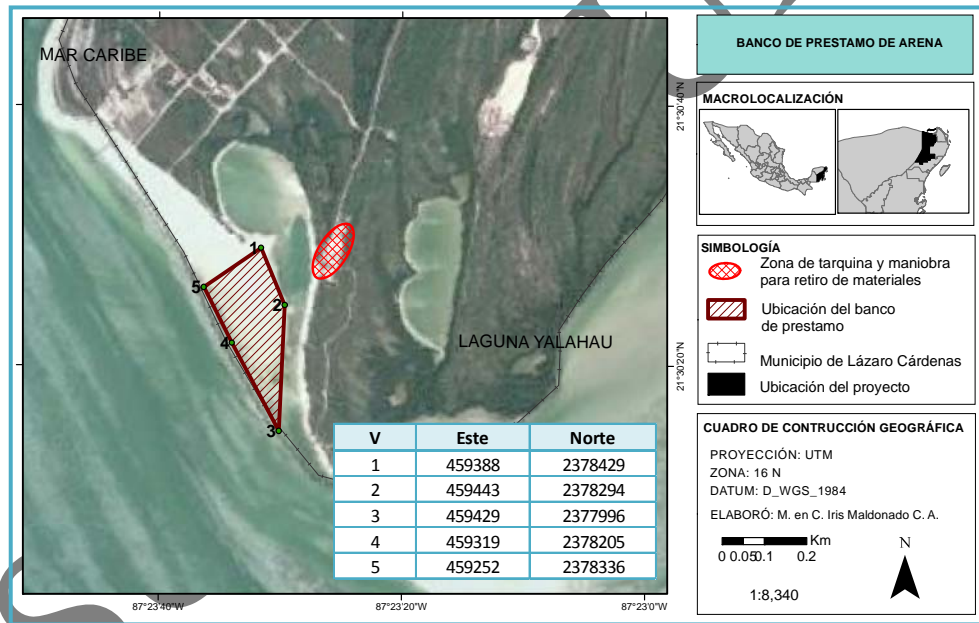


Figura VI_1 Ubicación pretendida del banco y tarquina.

D. Inversión requerida

La inversión requerida para el desarrollo de la presente medida de compensación que consistirá en la extracción de arena y su relocalización en depósitos habilitados a manera de tarquinas, será de un total de \$ 4, 000, 000 pesos mexicanos (M.N.).

E. Dimensiones

El área que será ocupada para la implementación de la presente medida de compensación se desglosa en la **Tabla VI_ 1**; Error! No se encuentra el origen de la referencia.:

Tabla VI_ 1. Dimensiones de la medida.

Concepto	Superficie
Área del banco de extracción de arena	40 800 m ²
Área para la habilitación de tarquinas	3,000 m ²
Total	43,800 m ²

La medida se implementará en área marina (banco de extracción de arena), Zona Federal y playa. No se realizará tala o poda de ningún tipo de vegetación, ya que el área a utilizar para la habilitación de las tarquinas no cuenta con vegetación alguna, dicho sitio se encuentra con cierto grado de perturbación previo, debido a la implementación de proyectos similares.

Adicionalmente, el área del banco de extracción de arena, no presentó al momento de la caracterización ambiental del proyecto integral, la presencia de comunidades de vegetación acuática sumergida; sin embargo, si esto se llegara a observar en el sitio, se pretende tomar las medidas necesarias tales como la extracción de la arena de zonas donde no se observe dicha vegetación y la colocación de la tubería soportada por sacos de arena.

F. Programa general de trabajo

Conforme al cronograma de actividades (**Tabla II_ 6**), se prevé que la medida de compensación tenga una duración de 12 meses, lapso que iniciará desde la autorización del proyecto integral hasta la conclusión de las actividades de la medida de compensación. Con un periodo de operación y mantenimiento de hasta 50 años.

Tabla II_ 6. Programa de obras.

Descripción del concepto	Tiempo requerido en meses												Años 2 a 50	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Etapa de Preparación del Sitio														
Movilización														
Trabajos pre-operativos														
Limpieza del área														
Etapa de Construcción														

Descripción del concepto	Tiempo requerido en meses												Años	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2 a 50	
Habilitación de tarquinas														
Extracción y relocalización de arena														
Medidas de mitigación ambiental														
Ajustes y desmovilización														
Etapas de operación y mantenimiento														
Mantenimiento														

La medida de compensación recibirá mantenimiento periódico, el cual consistirá solo en caso de ser necesaria la extracción de un volumen correspondiente al 15% de la arena solicitada con fines de rehabilitación de las vialidades y zonas bajas de Isla Chica de Holbox.

G. Impactos a generarse por las acciones de disposición de arena

De acuerdo con la metodología propuesta en el Capítulo V, se realizó la identificación de las principales acciones de la medida de compensación, así como sus indicadores y posibles impactos (Tabla V_ 8). Se establece que estos son similares al proyecto integral, los cuales ya fueron evaluados en dicho capítulo.

Tabla V_ 8. Acciones del proyecto durante las etapas del desarrollo.

Acción	Indicador	Impacto
Preparación del sitio		
Pago de estudios, permisos y autorizaciones previas al inicio de obras	Sector público	Derrama económica (+)
	Sector privado	Derrama económica local (+)
Contratación de personal	Empleo	Generación de empleo temporal (+)
	Calidad de vida	Mejora en la calidad de vida de los trabajadores (+)
Habilitación de la bodega de materiales	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos
	Calidad paisajística	Inserción de un elemento ajeno al medio
Actividades de relocalización de fauna de lento desplazamiento	Diversidad de fauna	Relocalización de fauna marina de lento desplazamiento (+)
Delimitación de las áreas de trabajo	Calidad paisajística	Seguridad en el área de trabajo(+)

Acción	Indicador	Impacto
Colocación de tubería de polietileno y bomba	Contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos
	Turbidez	Liberación de finos en suspensión
	Diversidad de flora	Afectación temporal a la flora
	Diversidad de fauna	Afectación temporal a la fauna
Construcción/Instalación		
Contratación de personal	Empleo	Generación de empleo temporal (+)
	Calidad de vida	Mejora en la calidad de vida de los trabajadores (+)
Compra de materiales e insumos	Sector privado	Activación de la economía (+)
Habilitación de tarquinas	Turbidez	Liberación de finos en suspensión
	Contaminación del suelo	Contaminación por generación de residuos sólidos
	Calidad paisajística	Inserción de un elemento ajeno al medio
Extracción y relocalización de arena	Confort sonoro	Generación de ruido
	Topografía	Modificación del relieve costero
	Calidad del agua	Contaminación por generación de sólidos en suspensión
	Turbidez	Liberación de finos en suspensión
	Relieve marino	Modificación temporal al relieve marino.
	Sedimentos	Incremento de sedimentos en la superficie de la playa
	Diversidad de flora	Afectación temporal a la flora
	Diversidad de fauna	Afectación temporal a la fauna
Operación y mantenimiento		
Relocalización de arena por recuperación por así requerirlo	Confort sonoro	Generación de ruido
	Topografía	Modificación del relieve costero
	Calidad del agua	Contaminación por generación de sólidos en suspensión
	Turbidez	Liberación de finos en suspensión
	Relieve marino	Modificación temporal al relieve marino.
	Sedimentos	Incremento de sedimentos en la superficie de playa (+)
	Diversidad de flora	Afectación temporal a la flora
	Diversidad de fauna	Afectación temporal a la fauna
Tiempo de des-humidificación de la arena	Calidad paisajística	Inserción de un elemento ajeno al medio

H. Conclusiones

Esta medida es de gran importancia para el mejoramiento de la localidad de Isla Chica de Holbox, ya que el material será aprovechado con fines de rehabilitación de vialidades, zonas bajas, entre otros.

Las acciones a realizar en esta medida de compensación son similares a las del proyecto integral, pero a una escala mucho menor y contribuirá a la mejora de la condición ambiental del sitio, así como al bienestar en la salud de la población que reside en Isla Chica de Holbox, ya que tiene como objetivo posterior, dar un uso a la arena a extraer para la rehabilitación de vialidades y zonas bajas.

Con lo anterior se evitarán inundaciones en el poblado, reduciendo con ello la proliferación de mosquitos y otros vectores de enfermedades. Esto se logrará con tan solo disponer de una cantidad suficiente de arena para la realización del proyecto.

Adicionalmente, ésta medida de compensación traerá a la población una mejora en su estética paisajística y atraerá la visita de un mayor número de turistas que se llevarán una mejor imagen de la población y del sitio en sí. Por ende, esto podrá acarrear al sistema socio-económico del poblado de Isla Chica de Holbox, una derrama económica sustantiva o mejor a la que posee.

VI.1.3. Medidas específicas

En la **Tabla VI_ 2** se describen las medidas específicas que se implementarán para cada indicador ambiental que pudiera ser impactado por la realización del proyecto: “*Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo*”, éste programa estará basado en los resultados de la valoración de impactos, descrita en el capítulo anterior.

Las medidas se catalogaron por criterio de aplicación en preventivas (Pr), de mitigación (Mi), correctivas (Co), de remediación (Rm) y de control (Ct) y se implementarán en las etapas del proyecto de preparación del sitio (P), construcción (C), operación y mantenimiento (O-M) según corresponda.

Tabla VI_ 2. Medidas para el proyecto al área marina del Hotel El Cid Spa & Beach Resort

Impacto	Indicador	Medidas	Aplicación	Etapa		
				P	C	O-M
Molestia por extracción de la vegetación.	Aceptación del Proyecto	Se colocarán letreros informativos de las actividades que generen inconformidad para concientizar a la población sobre los beneficios del proyecto.	Pr	✓		
Molestias entre los habitantes por elementos ajenos al medio.				✓		
Molestias por la presencia de elementos ajenos en el área marina.				✓		
Afectación temporal por las obras.	Calidad de vida	Las obras se realizarán por secciones en cada etapa para reducir la afectación a la población.	Rm		✓	
Molestias por la presencia de camiones pesados en la isla.		Se solicitará al contratista realice de preferencia sus actividades en las primeras horas del día.	Mi	✓	✓	
Aumento de sólidos en suspensión.	Calidad del agua superficial	Los cambios de combustible y lubricantes de toda la maquinaria de trabajo se realizarán lejos de la zona de playa y se colocarán mantas de plástico impermeable debajo de éstas para evitar escurrimientos.	Pr		✓	
Contaminación de agua por residuos sólidos y turbidez.		Se utilizarán mallas anti dispersión para reducir la turbidez generada por los finos en suspensión durante los trabajos de bombeo y relocalización de arena, para que no se afecte la calidad del agua en la zona cercana a la línea de costa,	Rm		✓	

Impacto	Indicador	Medidas	Aplicación	Etapa		
				P	C	O-M
		mismas que se quedarán hasta que los sedimentos generados por el proyecto se hayan asentado.				
		Durante la disposición de arena no se generará dispersión de finos en suspensión porque es una acción que se realiza con una fuerte succión, que en su caso absorbe todo posible fino que se genere. No obstante se colocarán mallas anti dispersión.	Ct			
Suspensión de sedimentos en la columna de agua.		Se implementarán señalética con leyendas donde se indique a las personas evitar acercarse a la zona de bombeo de arena y boyado de seguridad.	Mi		✓	✓
Contaminación por actividades en el patio de maniobras.	Calidad del aire	No se permitirá la circulación de vehículos automotores y maquinaria a velocidades mayores a las 20 km/h, para evitar la dispersión de partículas de material terrígeno a la atmósfera.	Pr		✓	
Contaminación por suspensión de materiales.		Se les solicitará a los contratistas en sus contratos que mantengan en buen estado su maquinaria así como el mantenimiento de esta.	Pr		✓	
Contaminación por vehículos pesados en la isla.		El mantenimiento de los equipos para su adecuado funcionamiento se llevará a cabo fuera del área del proyecto. En caso de alguna emergencia se llevarán al taller mecánico de la isla.	Pr	✓		
Afectación por la extracción de un elemento natural del medio.	Calidad paisajística	El almacén en donde se guardarán los materiales para el proyecto contará con las especificaciones necesarias para evitar que se contamine el suelo.	Ct	✓		
Colocación de un elemento ajeno al medio.		Los materiales, herramientas y equipo se mantendrán guardados en las instalaciones destinadas a este fin (patio de maniobras) mientras los trabajos no requieran su utilización y al finalizar la jornada laboral.	Mi	✓		
		El material ajeno al medio será utilizado solamente cuando sea necesario y dentro del área del proyecto; al finalizar la obra o si éste no se halla en uso, el mismo se	Mi		✓	

Impacto	Indicador	Medidas	Aplicación	Etapa		
				P	C	O-M
		<p>deberá mantener lejos de la zona de playa o en una bodega de materiales, disminuyendo así la contaminación visual por elementos externos dentro del medio ambiente.</p> <p>Se contratará con un supervisor de obra para evitar accidentes o daños al medio ambiente causados por negligencias en el manejo del material.</p>				
		<p>Durante toda la obra se colocarán señalamientos a lo largo de la zona terrestre y marina. La señalética consistirá en avisos de precaución por la presencia de trabajadores y estructuras ajenas al medio ambiente, así como de recomendaciones para el cuidado del mismo.</p> <p>También se colocarán boyas de marcaje y banderines en la zona marina alrededor del área de relocalización y disposición de la arena.</p>	Mi	✓	✓	
Inserción temporal de un elemento ajeno al medio.		Se supervisará y monitoreará la realización de los trabajos para que en el área donde se efectúen actividades se encuentren solamente los materiales y equipos necesarios, minimizando la alteración al paisaje.	Mi	✓	✓	
Ocupación temporal de un espacio en el predio.		Con el objetivo de que las obras no deterioren de manera significativa la imagen del sitio, todos los trabajos se realizarán dentro del área del proyecto.	Mi	✓		
Presencia de maquinaria en la zona						
Generación de ruido maquinaria, bomba y compresor.		Los trabajos de mantenimiento se limitarán únicamente a un horario de 8:00 am a 6:00 pm.	Mi	✓	✓	✓
Ruido por actividades en el patio de maniobras.	Confort sonoro	Mientras no se utilicen los vehículos estos deberán mantenerse apagados y/o en el patio de maniobras.	Mi		✓	
Ruido por uso de equipo.		El compresor se ubicará convenientemente durante el bombeo, alojado en una pequeña bodega de madera, lo anterior para	Mi			✓

Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional
 “Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo”

Impacto	Indicador	Medidas	Aplicación	Etapa		
				P	C	O-M
		mermar el disturbio que esta actividad producirá en los turistas, algunas especies de aves y otras especies marinas.				
Ruido por uso de vehículos.		La limpieza y desmantelamiento del patio de maniobras se efectuará en un corto periodo de tiempo, para minimizar las molestias que se pudieran ocasionar a los habitantes y visitantes de la isla así como a la fauna local.	Rm		✓	
Ruido por vehículos pesados en la isla.						
Generación de residuos sólidos.	Consumo de agua	Se establecerán estaciones de agua para evitar la deshidratación de los trabajadores y el desperdicio del recurso.	Mi	✓		
Incremento en el consumo agua.		Se establecerán horarios de riego en la mañana y en la tarde para el cuidado de la vegetación trasplantada.	Mi	✓		
Incremento en la demanda de agua		Los insumos e instalaciones para los servicios de agua, comedor, sanitarios y áreas para la disposición de residuos se implementarán en el patio de maniobras, se fomentará entre los trabajadores el buen uso de los recursos.	Mi		✓	✓
Uso agua para el riego de las plantas.					✓	✓
Consumo energético durante las actividades de mantenimiento.		Consumo de energía	El uso de energía eléctrica por parte de la empresa constructora se limitará solamente a horas de trabajo y se cuidará de mantener el equipo suspendido o apagado mientras éste no se encuentre en uso. El aumento en el uso de energía será puntual (durante la construcción del proyecto) por lo que este cesará al remover los equipos cuando finalice el proyecto.	Mi		✓
Incremento en el consumo energético y uso de plantas eléctricas.	Se implementará señalética alusiva al cuidado de los recursos		Mi	✓	✓	✓
Uso energía eléctricas para maquinaria.	Las plantas eléctricas se mantendrán en buenas condiciones.				✓	✓
Generación de residuos de la construcción.	Contaminación del suelo		Se instalará en un espacio del predio, una pequeña caseta prefabricada para guardar	Ct		✓

Impacto	Indicador	Medidas	Aplicación	Etapa		
				P	C	O-M
Generación de residuos sólidos.		herramientas pequeñas y equipos con el fin de evitar la contaminación del suelo y mitigar cualquier impacto.				
		Los materiales, herramientas y equipo se mantendrán siempre resguardados dentro de las instalaciones previstas cuando estas no se encuentren en uso y/o cuando la jornada laboral termine. Una vez finalizados los trabajos de preparación, se procederá a retirar los equipos y materiales del área de playa para realizar la limpieza pertinente, canalizando los residuos a través del servicio de limpia municipal.	Pr	✓	✓	✓
		Se utilizarán contenedores de basura de 200 L para el almacenamiento diario de los residuos sólidos, cuyo traslado y disposición final será de acuerdo al “Programa de manejo de residuos sólidos, líquidos y peligrosos”	Ct			
Desincorporación de los residuos generados durante el mantenimiento.		Los residuos generados serán separados por tipo, para lo cual se designará un espacio en el patio de maniobras. Posteriormente la disposición final será a través del servicio de limpia municipal.	Ct			
		Se colocarán señalamientos y avisos a lo largo de la línea de costa con leyendas que prohíban arrojar basura a la playa.	Pr			✓
		Se realizarán los trabajos de mantenimiento en un tiempo determinado y breve para disminuir el impacto negativo que estos pudieran tener en la calidad paisajística y ambiental.	Mi			
		La empresa constructora implementará actividades de recolección de los residuos provenientes de las actividades realizadas durante la elaboración del proyecto.	Mi			
		Se comprobará que la remoción de los materiales y equipo de la playa	Mi			

Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional
 “Recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo”

Impacto	Indicador	Medidas	Aplicación	Etapa		
				P	C	O-M
		se efectúe de manera correcta y segura; retirando del sitio los residuos sólidos o líquidos en cumplimiento a la legislación ambiental aplicable vigente.				
Retiro de especies vegetales.		Con la finalidad de evitar pérdidas de individuos de las especies vegetales de la duna costera, estos serán rescatados y replantados conforme a un “Programa de rescate, mantenimiento y reubicación de flora”.	Mi	✓		
Socoleo de vegetación secundaria.	Flora y fauna costera - distribución	En cuanto a la fauna terrestre, por la poca abundancia y diversidad de ésta (solamente algunas especies de aves y lagartijas), no es necesario crear medidas de mitigación específicas para disminuir la afectación que el proyecto podría ocasionarles. Por lo tanto, solo se trabajará en horas convenientes para no estresar a los organismos que habitan el sitio.	Pr	✓		
Pérdida temporal de la diversidad y abundancia de especies vegetales.	Flora y fauna costera - diversidad y abundancia	Se implementará un vivero en el patio de maniobras para el mantenimiento de los ejemplares vegetales producto del rescate.	Pr	✓	✓	
Pérdida temporal de la cobertura de la duna costera.	Flora y fauna costera - incremento de la cobertura	Durante su mantenimiento solo se podrán usar productos ecológicos para la fumigación de plagas.				
Pérdida del uso de los espigones como hábitat	Flora y fauna marina - distribución	Antes de iniciar los trabajos, se implementará un programa de reubicación de organismos de lento desplazamiento asociados al sustrato rocoso. Los individuos encontrados se trasladarán a la zona más cercana que tenga las características físicas y biológicas similares al sitio donde se encontraban para no alterar la estructura trófica del ecosistema.	Pr		✓	
Colocación de tubería de polietileno y bomba		La tubería y la bomba de succión deberán encontrarse alejadas de zonas con alta diversidad y abundancia de organismos marinos durante su instalación. Se colocarán lastres de geotextil debajo de los tubos de polietileno para proteger a la flora o fauna sésil asociada al sustrato arenoso.	Pr			

Impacto	Indicador	Medidas	Aplicación	Etapa		
				P	C	O-M
		Una vez que se termine de utilizar el equipo, cada elemento de éste será depositado en los lugares asignados para dicho fin, evitando así contaminar el fondo marino o la zona de playa. Se deberán respetar los caminos de acceso a la zona de playa para evitar la tala accidental y el impacto de la flora terrestre.				
Incremento del gasto de insumos	Sector privado	Se colocará señalética para el consumo racional de los insumos.	Pr		✓	✓
Extracción de un elemento ajeno a la superficie.	Topografía	Se llevará un “Programa de monitoreo de recuperación de los sitios de disposición de arena” con la finalidad de dar seguimiento al bombeo de arena y la recuperación de la zona de disposición de arena.	Ct		✓	✓
Modificación temporal al relieve costero.		Se implementará un “Programa de Control de Línea de Costa” con el fin de identificar los posibles cambios en la dinámica de corrientes, distribución y dispersión de especies y alteraciones en el litoral debido a las modificaciones en el sustrato por la construcción de los rompeolas o por eventos meteorológicos que pudieran suceder después de finalizar la obra. Este programa se deberá efectuar una vez que se tenga la autorización del proyecto	Ct	✓	✓	✓
Nivelación del predio.						
Liberación de finos en suspensión.	Turbidez	Se colocarán mallas anti dispersión para disminuir la liberación de sólidos en suspensión hacia la columna de agua, evitando así el impacto producido por el bombeo de arena, la demolición de espigones existentes y la habilitación de las obras de protección.	Mi	✓	✓	✓
Suspensión temporal del sedimento por la extracción de residuos.						✓

VI.2. Programa de manejo ambiental

El Programa de Manejo Ambiental establece las acciones y actividades necesarias para dar cumplimiento a las condicionantes ambientales propuestas en la MIA, así como los términos y condicionantes del Resolutivo Ambiental. Lo anterior para determinar la correcta aplicación de las estrategias que se proponen para asegurar la mitigación de los

impactos evaluados en las etapas de preparación del sitio y construcción, y operación y mantenimiento.

En el presente documento se describen las generalidades del Programa de Manejo Ambiental, una vez autorizado el presente proyecto se ingresará a la SEMARNAT el documento completo con el desglose de todas y cada una de las acciones a realizar para el cumplimiento de las medidas de mitigación establecidas en la MIA-R (incluyendo los programas y reglamentos), y las condicionantes ambientales y los términos establecidos en el resolutivo del proyecto.

VI.2.1. Objetivos

El presente programa tiene como objetivos los siguientes:

1. Cumplir con las medidas de mitigación y prevención establecidas en la MIA-R del proyecto.
2. Describir la metodología para llevar a cabo la inspección, vigilancia y verificación del cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable al proyecto en comento, mediante la ejecución de los programas ambientales propuestos en la MIA-R del proyecto tomando en consideración los impactos causados durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento.
3. Realizar el seguimiento ambiental del proyecto generando mecanismos y actividades de los programas de manejo que lleven al cumplimiento de la normatividad ambiental y el acatamiento de los términos y condicionantes del oficio resolutivo pertinente.

VI.2.2. Actividades del programa

Con la finalidad de dar atención a los impactos ambientales identificados, evaluados y descritos en el capítulo anterior, el Programa de Manejo Ambiental del proyecto está conformado por las siguientes acciones generales:

1. Seguimiento a la implementación de las medidas de prevención y mitigación.
2. Seguimiento a los términos y condicionantes que se establezcan en el resolutivo del proyecto.
3. Seguimiento de las medidas de prevención y mitigación, y términos y condicionantes se implementarán los siguientes programas y reglamentos:
 - Programa de monitoreo y supervisión ambiental,

- Programa de control de línea de costa,
- Programa de reubicación de fauna marina de lento desplazamiento,
- Programa de monitoreo de recuperación de los sitios de disposición de arena,
- Programa de acciones a seguir en caso de anidación de tortugas marinas,
- Programa de manejo de residuos,
- Programa de rescate, mantenimiento y reubicación de flora,
- Programa de funcionamiento del proyecto, y
- Reglamento de construcción.

VI.2.3. Seguimiento y control

Las actividades de monitoreo ambiental serán llevadas a cabo por personal calificado, quienes, además realizarán visitas periódicas al proyecto en cada una de las etapas para verificar la correcta ejecución de las actividades correspondientes a cada programa, dando así cumplimiento a las medidas de mitigación generales propuestas dentro de la manifestación de impacto ambiental, así como los términos y condicionantes del resolutivo. En dichas visitas además de redactar el reporte correspondiente por medio de formatos previamente diseñados, se colectará evidencia fotográfica, y se vigilarán aspectos relacionados con la higiene y seguridad tanto del sitio del proyecto como en los trabajadores.

En caso de encontrar alguna irregularidad, se dará aviso de manera inmediata al encargado de obra y posteriormente en dichos formatos se dará a conocer la información a manera de divulgación al personal pertinente para que se lleven a cabo las acciones necesarias para cumplir con la medida de seguridad o mitigación donde se presente la infracción.

VI.2.4. Cronograma de las actividades

En la **Tabla VI_3** se presenta el cronograma de las actividades por cada programa descrito en el presente, así como, las actividades de vigilancia ambiental para el cumplimiento de las condicionantes establecida en la manifestación de impacto ambiental, y los términos y condicionantes del oficio resolutivo.

Tabla VI_3. Cronograma de actividades por programa

Actividad	Etapas del proyecto		
	PS	C	O-M
Programa de monitoreo y supervisión ambiental			
Programa de control de línea de costa			

Programa de reubicación de fauna marina de lento desplazamiento			1
Programa de monitoreo de recuperación de los sitios de disposición de arena			1
Programa de acciones a seguir en caso de anidación de tortugas marinas			1
Programa de manejo de residuos			1
Programa de rescate, mantenimiento y reubicación de flora			
Programa de funcionamiento del proyecto			
Reglamento de construcción			
Seguimiento de condicionantes establecidas en la MIA.			
Seguimiento de los términos y condicionantes del oficio resolutorio.			

PS= Preparación del sitio C= Construcción O-M= Operación y Mantenimiento, 1. Solo durante las actividades de mantenimiento

VI.2.5. Reporte de resultados

Los resultados del programa se entregarán como parte del informe de cumplimiento de términos y condicionantes tal como se estipule en el oficio resolutorio del proyecto.

VI.3. Proyectos ambientales complementarios

Adicionalmente se propone la ejecución de proyectos ecológicos complementarios agrupados en cinco programas generales, su descripción general y alcances se detallan en el documento anexo. **Su aplicación estará supeditada a la obtención de fondos para su implementación y las autorizaciones correspondientes, los cuales son:**

I.- Programa de fomento de la fauna silvestre.

1. Habilitación de zonas de alimentación para el flamenco rosado (*Phoenicopterus ruber*).
- 1.1. Acciones complementarias: mantenimiento de la zona de anidación del flamenco rosado en un área cercana al Cuyo.
2. Fomento de sitios de descanso y anidación de águila pescadora (*Pandion haliaetus*).
3. Protección y recuperación de zonas de descanso y anidación de aves marinas.

II.- Programa de fomento de vida marina

4. Instalación de refugios marinos artificiales para promover áreas de agregación de peces y como sitio de visitación turística.

III.- Programa de control de fauna nociva

5. Control y manejo de fauna doméstica que se torne perjudicial.
7. Arena para relleno de zonas bajas y vialidades de Isla Holbox para el control de mosquitos

6. Control y manejo de fauna silvestre que se torne perjudicial.

IV.- Programa de control de especies exóticas.

8. Control y/o erradicación de la flora exótica invasora.

9. Control de la fauna exótica invasora.

V.- Programa de difusión y educación ambiental.

10. Señalización y difusión ambiental.

11. Educación ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El presente proyecto dividido en tres zonas tiene como objetivo la ejecución de actividades y obras enfocadas hacia la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo, lo cual se logrará dependiendo de la zona a través de las siguientes obras generales:

- Recuperación de la playa.
- Conformación y reforestación de la duna costera.
- Habilitación de rompeolas.
- Rehabilitación y ampliación de espigones.
- Retiro de espigones que sobresaldrían del relleno.

Para ello, se aprovechará un aproximado de 241,580 m³ de arena la cual se tomará de zonas aprovechables localizadas en la parte marina frente al proyecto. Este material tiene un origen, tamaño de grano y color compatible con la arena de la playa.

El pronóstico del escenario parte de la tendencia de los procesos que ocurren en el área del proyecto e incorpora los impactos potenciales asociados con su construcción y las medidas de mitigación establecidas en el estudio. Los principales impactos ambientales que han sido identificados para el desarrollo del proyecto son los de una obra de recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa, considerándose en su mayoría temporales en todas las etapas del proyecto, y como fijos, los generados por la permanencia de las obras.

En el presente capítulo se describen los posibles escenarios del Sistema Ambiental Regional delimitado en el capítulo IV y en donde se pretende realizar las obras y actividades del presente proyecto. En dichos escenarios se manifestarán las posibles condiciones del sitio sin y con la implementación del proyecto, así como sin y con la aplicación de las medidas de mitigación propuestas en el capítulo VI, con lo que se concluirá un pronóstico ambiental general.

VII.1. Descripción y análisis del escenario con y sin proyecto

Inicialmente se describirá el efecto que tendría en los diferentes componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos la no implementación del proyecto contra la habilitación de las obras en la Isla Chica, Holbox (*Tabla VII_1*).

Tabla VII_ 1.Escenario actual y pronósticos sin y con proyecto.

Componente	Escenario actual	Escenario SIN proyecto	Escenario CON proyecto
Medio Abiótico			
Suelo	<p>La morfología actual de la zona costera se encuentra evidentemente erosionada, en diversas áreas se ha perdido la playa y existen muchos terrenos perdidos al mar.</p> <p>Isla Chica, Holbox es un atractivo turístico visitado por una gran cantidad de gente y que constantemente se construye una diversa infraestructura privada, lo que genera gran cantidad de residuos sólidos urbanos y de la construcción.</p>	<p>Con el tiempo la erosión afectará toda la isla (a excepción de los sitios en donde se ha re-vegetado la duna costera), se incrementará la pérdida de la infraestructura costera y los bienes materiales de la población se encontrarán en el agua, la cual se ira deteriorando, lo que a su vez generará una gran cantidad de residuos que quedarán en el mar.</p>	<p>Las obras están diseñadas para proteger la zona costera, evitando que la infraestructura se dañe y se genere una contaminación al mar.</p> <p>Además se rehabilitará la morfología de la zona costera a favor del medio ambiente y la sociedad (Figura VII_ 1).</p>
Atmósfera	<p>La isla es una zona en general tranquila, ocasionalmente existen eventos que modifican el confort sonoro ya que eventualmente cruzan de Chiquilá vehículos que modifican temporalmente la calidad del aire.</p>	<p>Los vehículos seguirán llegando a la Isla Chica, Holbox, para el transporte de materiales e insumos.</p>	<p>Se generará un incremento temporal de la presencia de vehículos en la Isla Chica.</p>
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • La calidad del agua en la zona es buena, salvo en ocasiones que el manejo de las aguas residuales es deficiente. • La cantidad de personas que visitan la isla y consumen agua potable varía dependiendo de la temporada del año. • Además en la playa los sedimentos son transportados por la columna de agua, en temporadas de tormenta la turbidez del agua aumenta considerablemente. 	<p>De no implementarse el proyecto, la calidad del agua sería la misma y el consumo del agua variaría dependiendo de la afluencia turística.</p>	<p>Se generará un incremento temporal en el consumo de agua potable y en la zona del proyecto existirá turbidez temporal en la Isla Chica.</p>

Dinámica costera	<p>La zona costera en la isla se presenta modificada, por un lado, la erosión evidente en toda la isla y por otro la modificación de las corrientes producto de los procesos de sedimentación en la zona.</p> <p>Esto se debe a que el sedimento no se transporta pegado a la playa sino a una distancia considerable creando bajos y generando un canal entre la playa y estos.</p>	<p>La erosión de la zona aumentaría teniendo una afectación a la dinámica costera.</p> <p>El transporte litoral generaría una mayor área de bajos frente a la línea de costa de la Isla.</p>	<p>El proyecto generará una alteración temporal del fondo marino en la zona de disposición de arena, las cuales, dado el transporte litoral, éstos bancos se recuperarían en un periodo corto de tiempo.</p> <p>La zona costera se recuperaría y estabilizaría, evitando así la erosión a largo plazo.</p> <p>Además de generaría una protección costera ante fenómenos hidrometeorológicos (Figura VII_1).</p> <p>Finalmente con la rehabilitación de la línea de costa se invierte la tendencia actual.</p>
Electricidad	<p>La cantidad de personas que visitan la isla y consumen energía eléctrica varía dependiendo de la temporada del año.</p>	<p>De no implementarse el proyecto el consumo eléctrico sería el mismo, que variaría dependiendo de la afluencia turística.</p>	<p>Se generará un incremento temporal del consumo en la Isla Chica.</p>
Paisaje	<p>Isla Chica tiene un paisaje excepcional, sin embargo, la pérdida de playa por la erosión ha generado escarpes (Figura VII_2).</p> <p>Se han habilitado diversas estructuras de protección, de las cuales algunos espigones han quedado en el agua y otros se encuentran deteriorados, dando a la isla un panorama de descuido (Figura VII_3, Figura VII_4).</p>	<p>El paisaje se vería afectado con la presencia de más infraestructura en la zona marina, la playa sería sustituida por escarpes, perdiendo así su atractivo turístico.</p> <p>Además, sería más evidente el deterioro de los espigones existente.</p>	<p>Una vez habilitadas las obras, se tendría una playa lo suficientemente amplia para mantener sus servicios ecosistémicos. Hacia el horizonte las obras de protección costera no se observarían y de cerca se generaría un sitio para la observación del paisaje (Figura VII_1).</p> <p>Adicionalmente con el aprovechamiento y extracción de parte de los espigones existentes se mejoraría sustancialmente el paisaje en esa zona.</p>
Medio Biótico			
Fauna y flora marina	<p>Las comunidades vegetales y animales de la zona costera colindante a la playa es escasa, principalmente temporal o de paso.</p>	<p>Al no haber playa no existirían hábitats para la flora y fauna marina.</p>	<p>Una vez habilitadas las obras, se generarían hábitats para las especies marinas, incrementando así su abundancia y diversidad (Figura VII_1).</p>
Flora y fauna Costera	<p>La duna costera se ha erosionado en gran parte de la isla, solo subsiste en secciones de la Zona Noreste. De la</p>	<p>Con el paso del tiempo la duna costera y sus especies asociadas se perderían por la erosión. Además, en la zona que aún existe duna</p>	<p>El restablecimiento de la duna costera y su revegetación, recuperará un ecosistema importante que actúa como reservorio y ayuda a fijar de</p>

	<p>cual solo una parte presenta la vegetación natural, el resto ha sido revegetada artificialmente. Adicionalmente por la erosión la vegetación ha quedado inundada o en el agua (Figura VII_6).</p>	<p>se perdería la mínima protección costera actual. En el resto de la isla con el aumento de los escarpes se seguiría perdiendo la vegetación.</p>	<p>manera natural la arena de las playas y a la larga servirá de protección del centro de población (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).</p>
Especies protegidas	<p>Hay una pérdida evidente por la erosión de la Zona Noreste de ejemplares de mangle (Figura VII_5). Además el hábitat temporal de las especies protegidas como las cacerolita de mar y tortugas marinas ha ido mermando.</p>	<p>Se perderían más ejemplares de mangle, por ende hábitats de especies, y al no haber playa las especies que usan este ambiente para anidar se verían afectadas, como el caso de las tortugas marinas y la cacerolita de mar.</p>	<p>Con la relocalización de arena, se restablecería el sustrato de los mangles evitando más pérdida de individuos, además se recuperaría los sitios potenciales de anidación de las especies protegidas (Figura VII_1).</p>
Medio Socioeconómico			
Población	<p>Los pobladores se ven afectados ya que en parte de la Zona Centro el agua llega a las propiedades que antes tenían una playa enfrente y existen estructuras que ya se encuentran dentro de la zona marina (Figura VII_7). Además ante al paso de una fenómeno hidrometeorológico la isla se inunda por completo (Figura VII_8).</p>	<p>La isla con el paso del tiempo perdería más superficie, mayor infraestructura quedaría en el agua y no existiría protección alguna ante un evento meteorológico, lo que podría tener consecuencias catastróficas.</p>	<p>Con la relocalización de la arena se recuperaría en parte la superficie ya perdida de la isla, la infraestructura volvería a estar en tierra y se tendría una protección costera ante eventos hidrometeorológico (Figura VII_1).</p>
Economía	<p>El turismo es la fuente de empleo principal de la isla, el cual se ha mantenido dependiendo de la temporada del año.</p>	<p>Con la pérdida de la playa el turismo bajaría, lo que afectaría la economía de los pobladores de la isla.</p>	<p>Con la implementación de las obras la isla tendría un mayor atractivo, propiciando el incremento de los visitantes y de la derrama económica (Figura VII_1).</p>

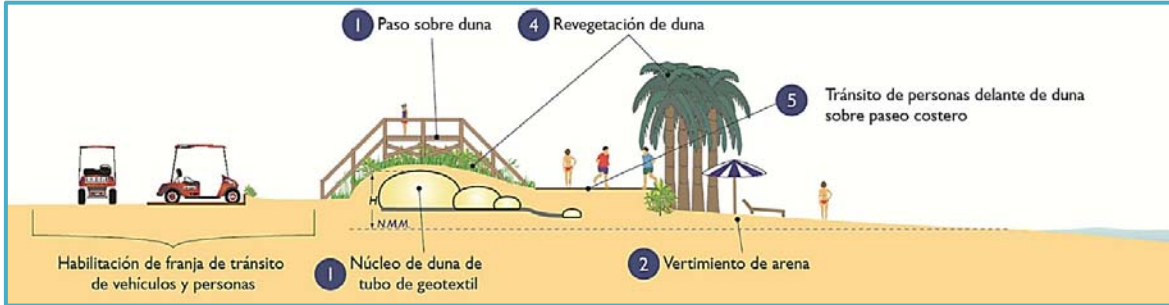


Figura VII_ 1. Diseño general del proyecto.



Figura VII_ 2. Erosión en la playa, escarpes y pérdida de la propiedad privada.



Figura VII_ 3. Estado de los espigones existentes.



Figura VII_ 4. Estado de los espigones existentes en el área de estudio.



Figura VII_ 5. Ejemplares caídos y troncos de los que alguna vez fueron mangles.



Figura VII_ 6. Ejemplares caídos y vegetación en al agua a causa de la erosión.

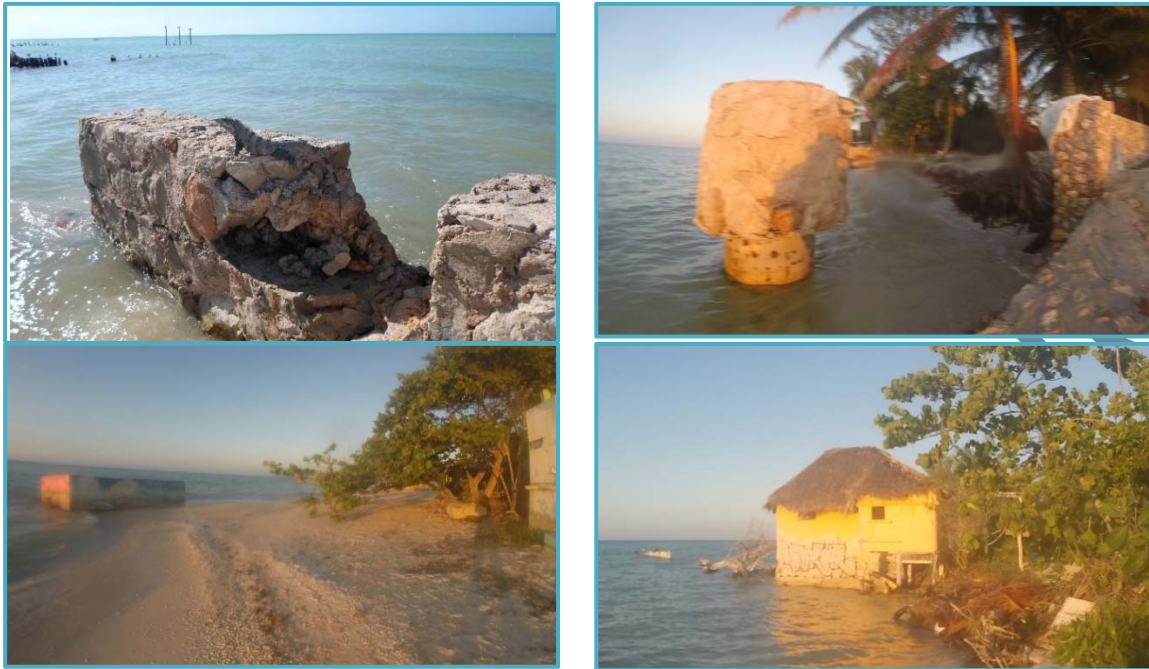


Figura VII_ 7. Infraestructura en el agua.



Figura VII_ 8. Fotografía del muelle en condiciones climáticas A) normales, B) al paso de una tormenta tropical, C y D) fotos de la isla al paso de una tormenta tropical, (las fotos A, B y C fueron tomadas el 24 de febrero de 2010 y bajadas de internet).

VII.2. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación

Posteriormente se describirá el efecto en los diferentes componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos la habilitación de las obras en la Isla Chica, Holbox, con y sin la implementación de las medidas de mitigación, en comparación con el escenario actual (Tabla VII_ 2).

Tabla VII_ 2. Escenario del proyecto sin y con la implementación de medidas de mitigación.

Componente	Escenario con proyecto	
	SIN medidas de mitigación	CON medidas de mitigación
Medio Abiótico		
Suelo	<p>La liberación de finos en suspensión generaría turbidez, generando una pluma de sedimento que en corto tiempo desaparecería. El efecto de la resuspensión del sedimento no sería mayor a la generada por un evento tipo norte.</p> <p>La modificación al fondo marino por la relocalización de arena podría generar oquedades que con el paso del tiempo se rellenarían de manera natural.</p> <p>Se podría generar gran cantidad de residuos que pudieran llegar directa o indirectamente al mar por la dispersión de estos.</p>	<p>Con la colocación de mallas anti dispersión se contendrá la suspensión de finos en la zona del proyecto sin que este genere una pluma de dispersión, éstas no se retiraran de la zona hasta en tanto el sedimento resuspendido se sedimente.</p> <p>De llevarse el control en la zona de disposición de arena se asegurará que la relocalización de arena sea gradual sin generar oquedades, lo que acortará el tiempo de recuperación de dichas zonas.</p> <p>Con la implementación del programa de residuos, éstos serán acumulados en botes para su correcta disposición final, evitando así su dispersión al medio ambiente.</p>
Atmósfera	<p>La presencia de vehículos que transporten el material generará temporalmente un ligero incremento de contaminantes a la atmósfera.</p>	<p>Con la implementación de las medidas se disminuirá gran parte de los contaminantes a la atmósfera que pudieran generarse durante las obras.</p>
Agua	<p>La presencia de trabajadores y el riego de las plantas utilizadas para la revegetación de la duna, generará un incremento en el consumo de agua. Aunado a que los trabajadores pudieran generar un mayor gasto del recurso por fugas, horas de riego no adecuadas, etc. El impacto sobre el recurso es temporal y no afectará el recurso que utiliza el resto de la población.</p>	<p>Teniendo horarios de riego adecuados y concientizando al personal sobre el cuidado de los recursos se disminuirá el consumo de agua.</p>
Dinámica costera	<p>Con las obras se revertirá el impacto negativo de la erosión de la línea de costa de Isla Chica, Holbox, la colocación de las obras de protección son impactos negativos no mitigables al relieve marino, lo anterior considerando que su objetivo es mantener la arena relocalizada y generar una solución permanente a la erosión. Sin embargo, durante su habilitación se generarán residuos que pudieran irse al mar, turbidez del agua</p>	<p>Dada la naturaleza del impacto por la colocación de las estructuras de protección no existen medidas de mitigación, sin embargo, de no ejecutarse dichas obras no se recuperaría, estabilizaría, ni conservaría integralmente la línea de costa, persistiendo el problema de erosión en la zona.</p> <p>De las actividades asociadas durante su habilitación el manejo adecuado de los residuos y la colocación de mallas anti</p>

	que desaparecería en un periodo de tiempo corto. La relocalización de arena se llevará de manera gradual, generando oquedades en la zona de disposición de arena y desniveles en la playa, que con el tiempo serían atenuados.	dispersión serían las acciones que mitigarían el impacto sobre el medio ambiente. Además con una correcta planeación, el monitoreo de la zona de disposición, la delimitación de las actividades, etc., se mitigaría el impacto de la relocalización de arena.
Electricidad	La habilitación del patio de maniobras y el uso de equipos eléctricos generará un incremento en el consumo del recurso, sin afectar a la población.	Concientizando al personal sobre el cuidado de los recursos se disminuirá el consumo de electricidad.
Paisaje	La presencia de vehículos, equipos y trabajadores en la isla y zona de playa afectarán el paisaje para los pobladores y turistas.	Estableciendo horarios y zonas de trabajo el impacto visual se limitará a un área determinada, no afectando la su totalidad el paisaje de la isla.
Medio Biótico		
Fauna y flora marina	La colocación de tubería podría afectar a la fauna de lento desplazamiento que transite por el tiro.	Implementando el programa de reubicación de fauna de lento desplazamiento se evitaran pérdidas de individuos.
Flora y fauna Costera	Con la rehabilitación de la duna, de no llevar acabo el rescate de la flora se perderían ejemplares de importancia ecológica, que al final serían sustituidos por ejemplares comprados.	El rescate de los ejemplares, el adecuado mantenimiento y su reubicación en la duna evitará pérdida de ejemplares de flora y ahuyentará la fauna que una vez habilitada la duna regresará de manera natural a su hábitat.
Especies protegidas	La habilitación de las obras sin señalética, delimitación y planeación pudieran afectar las especies protegidas como los mangles y las especies que utilizan la playa para anidar.	La implementación de señalética, programas y medidas de seguridad generará conciencia en el personal con la finalidad de coadyuvar en la protección de las especies.
Medio Socioeconómico		
Población	Sin medidas de seguridad la población pudiera verse afectada en su integridad física. Sin señalética o delimitación de la zona de obra podría pasar por el tiro de arena sin verse afectada o si pasara por la zona de la bomba solo tendría una leve molestia al ruido.	Es de suma importancia implementar medidas de mitigación que protejan la integridad física de los trabajadores, turistas y la población en general, evitando así accidentes.
Economía	De llevarse sin control, planeación y delimitación de las obras, la gente no pudiera utilizar la playa, lo que repercutiría en la permanencia de los turistas, afectando así la derrama económica.	Realizar las obras de forma planeada evitará que toda la isla se vea afectada por éstas y se tendrá una percepción positiva de las obras, sin que estas afecten el turismo.

VII.3. Pronostico ambiental

Holbox es una isla de barrera localizada en la zona norte de la península de Yucatán. La importancia de la Isla Chica, Holbox radica en que es uno de los sitios turísticos más importantes del estado de Quintana Roo con una estructura de servicios basada en su

potencial de capital natural, además de ubicarse en el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam decretada el 6 de junio de 1994 como área de protección.

Para mitigar los problemas de erosión en la costa de Holbox, desde los años ochenta se han realizado obras a base de espigones de bolsacreto con la finalidad de proteger la Zona Centro de la Isla, cuyos resultados parciales han obligado a continuar colocando series adicionales de estas estructuras debido a la erosión que siempre se genera aguas abajo. Además, algunos particulares han establecido diversas obras tratando de evitar la pérdida de sus propiedades e infraestructura. Con el actual interés por el medio ambiente, muchas de las soluciones utilizadas en la actualidad para la estabilización de la costa se consideran ahora inadecuadas.

Con la implementación del presente proyecto, se da un enfoque de solución integral hacia la Gestión Costera, lo que implica mitigar los impactos por la erosión costera mediante obras de protección o control, tener un monitoreo constante posterior a la aplicación de las soluciones que permita medir los resultados de las acciones llevadas a cabo y su impacto en el entorno, perfeccionar las soluciones propuestas con base al análisis del monitoreo, realizar campañas informativas precisas y de concientización de las soluciones propuestas con la sociedad involucrada y finalmente, el manejo de las obras de protección o control desde la concepción como uno de los muchos aspectos de la Gestión Costera de la Isla Chica de Holbox, para garantizar en todo momento un enfoque integral del ecosistema.

Como el precedente del análisis del pronóstico de los escenarios, se puede afirmar que, en el marco del Sistema Ambiental Regional, principalmente en el área de influencia directa, el proyecto por su ubicación, magnitud y alcance de los posibles efectos de la construcción y operación, no representa ningún riesgo significativo en materia ambiental. Aunado a la aplicación de las medidas de mitigación, corrección, control y prevención propuestas en todas las etapas del proyecto las obras del proyecto a habilitar no causarán afectación ambiental al entorno, poseen un perfil adecuado a la problemática y no interrumpen el paso de las corrientes a lo largo de la costa, tampoco afectarán a las especies con algún estado de protección.

De no implementarse el proyecto, la población que habita la Isla Chica, Holbox estaría en peligro a lo largo del tiempo, siendo mayor ante un evento meteorológico, además habría una pérdida de los servicios turísticos y ecosistémicos, lo que se evitaría con la implementación de las obras.

VII.4. Evaluación de alternativas.

Para analizar el proceso de erosión en Holbox, la hipótesis principal corresponde a que los procesos litorales son tridimensionales y se asume que su estudio puede llevarse a cabo por separado, los procesos transversales (vista la playa como un perfil) y los procesos longitudinales (vista la playa en planta). La segunda hipótesis se refiere a que

es necesario emplear formulaciones específicas en función de la escala de interés de cada proceso analizado, siendo la escala de tiempo y espacio.

El diseño de la estabilización de la playa deberá considerar el análisis de la estabilidad a Largo Plazo (años) y Corto Plazo (temporal, **Figura VII_ 9**). Para cada una de estas escalas de interés se analizará la estabilidad y evolución de la forma en planta y perfil.

Algunas características que definen el periodo de retorno o vida útil de las obras son:

- Tipo de obra,
- Nivel de seguridad requerido,
- Repercusión económica de la inutilización de la obra, y
- La posibilidad de pérdidas humanas.

Estas características están fuertemente relacionadas con la función de la playa, por lo que, al definir su función, se tendrán elementos suficientes para elegir el periodo de retorno. Las obras que se proponen para la estabilización de la Playa en Holbox se ubican en la clasificación de infraestructura de carácter general, es decir; no están ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto y el nivel de seguridad se define dentro de las siguientes categorías:

- **Nivel 1:** Obras e instalaciones de interés local o auxiliar. Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. Obras de defensa y regeneración de costas, obras en puertos menores o deportivos, emisarios locales, pavimentos, instalaciones para manejo y manipulación de mercancías, edificaciones, etc.
- **Nivel 2:** Obras e instalaciones de interés general. Riesgo moderado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. Obras en grandes puertos, emisarios de grandes ciudades, etc.
- **Nivel 3:** Obras e instalaciones de protección contra inundaciones o de carácter supranacional. Riesgo elevado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. Defensa de núcleos urbanos o bienes industriales, etc.

Con base a la inspección visual de los trabajos de campo, se definieron tres funciones de la playa a lo largo de los frentes de estudio.

- **Función recreativa.** Playas que se usan para el baño, paseo, asoleo, motonáutica, etc.
- **Defensa de la costa.** Playa que protege zonas habitadas contra la energía del oleaje.
- **Habitad de flora y fauna.** Playa donde no existe infraestructura con presencia principalmente de flora y fauna.

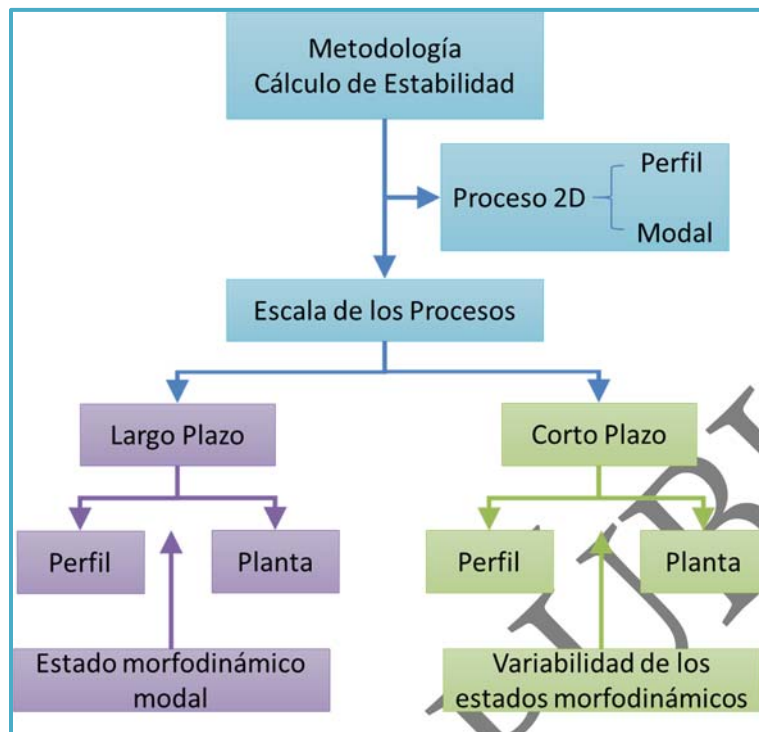


Figura VII_9. Metodología de Cálculo de la estabilización de las playas en Holbox, Quintana Roo.

Con base en las funciones anteriores y las categorías se definió la zonificación de la Isla Chica, Holbox. La Zona Noreste y Suroeste (en su sección poniente) presentan un mayor nivel de vulnerabilidad a la erosión, mientras que la Zona Centro posee un nivel medio y el resto de la Zona Suroeste justo donde se ubican los Espigones existentes presenta una baja vulnerabilidad (Figura VII_10, Tabla VII_3).



Figura VII_10. Zonificación de la zona de estudio por función y nivel de vulnerabilidad.

Por su importancia en la economía de la zona y seguridad patrimonial, la función como defensa de la costa es la más importante ya que corresponde a protección de zonas habitacionales.

Tabla VII_ 3. Nivel de seguridad requerido.

Tiempo de obra o instalación	Nivel de seguridad Requerido		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Infraestructura de carácter general	25 años	50 años	100 años
De carácter industrial específico	15 años	25 años	50 años

Con base al criterio descrito, se determina un nivel de seguridad 1 para las obras de carácter general que garantizarán la defensa de la costa y permitan seguir explotando la función recreativa, correspondiendo un periodo de retorno (T_r) de 25 años. Aunque el nivel de seguridad para obras que garantizan la defensa de la costa es 2, el análisis nos indica que la zona de bajos y la pendiente de la playa juegan un papel importante como protección, pues disipan la gran parte de la energía del oleaje, por lo cual las obras no requieren ser muy robustas y tomando también como base la inspección en la zona de estudio se considera solo el nivel de seguridad 1.

VII.4.1. Planteamiento de alternativas de solución.

Para el presente proyecto se preferirán estructuras flexibles, como los enrocados, a estructuras rígidas tipo muros de contención de concreto. Se considerarán como más convenientes las obras que producen menores impactos ambientales negativos, tanto en la calidad del agua, como en efectos de erosión más acelerados sobre la playa. Las obras de defensa costera deberán ser desarrolladas en una sola etapa considerando las exigencias actuales de los evaluadores de la Subsecretaría de Egresos de la Secretaría de Hacienda en los Análisis Costo Beneficio del tipo de obras propuestas.

Dado lo anterior se evaluaron las siguientes alternativas de diseño de las obras costeras:

- Rompeolas costa afuera y headlands para formación de bahías de equilibrio.
- Espigones
- Relleno de la playa con y sin mantenimientos

En la **Tabla VII_ 4** se presenta un cuadro sintético con las diferentes alternativas de obras de protección previstas para el proyecto.

Tabla VII_ 4. Alternativas de protección costera

Tipo de protección	Opción	Material	Ventajas	Inconvenientes
Espigones	<ul style="list-style-type: none"> Perpendiculares a la línea de costa. 	<ul style="list-style-type: none"> Roca Bolsacreto Gaviones Pilotes Tablaestacas Ajuste de dimensión 	<ul style="list-style-type: none"> Estabilidad durabilidad Facilidad de proceso constructivo Costo 	<ul style="list-style-type: none"> Costo en función de la distancia. Producen impacto visual importante. Producen erosión en playas vecinas. No son efectivos para impedir la pérdida de arena hacia el fondo del mar (fenómeno que se genera en tormentas).
Rompeolas	<ul style="list-style-type: none"> Paralelos a la línea de costa. Paralelos a las crestas del oleaje significante. 	<ul style="list-style-type: none"> Prefabricados (cubos) y roca 	<ul style="list-style-type: none"> Estabilidad durabilidad. Menor costo. Costo intermedio. Son efectivos para controlar transporte longitudinal y hacia el fondo del mar (tormentas). Pueden diseñarse sumergidos o semi-sumergidos para no impactar visualmente. Reducen significativamente la altura de la ola junto a la playa. 	<ul style="list-style-type: none"> Costo de construcción mayores al ser construidos en el mar. Menor durabilidad Deben ser bien señalizados para la navegación. Deben señalizarse adecuadamente las zonas para los nadadores por las zonas de recirculación que se generan.
Protecciones marginales	<ul style="list-style-type: none"> Diferentes taludes. 	<ul style="list-style-type: none"> Roca Bolsacreto Gaviones Colchacreto tablaestacas 	<ul style="list-style-type: none"> Si son diseñados con una altura adecuada protegen la zona contigua de manera efectiva. Facilidad de proceso constructivo. 	<ul style="list-style-type: none"> Si la longitud es grande, el costo de la protección se incrementa considerablemente. No tienen la función de recuperar la playa e inclusive pueden acelerar el proceso al ser estructuras rígidas y reflejar el oleaje.

Tomando como base los resultados del diagnóstico integral del proceso de erosión y de las funciones de la playa que requieren ser restablecidas, se formularon las alternativas de solución con base en estrategias de acción. Las estrategias consideran soluciones

reales a la problemática del sitio de estudio, construibles y que consideran aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales.

Para poder establecer la mejor alternativa de solución, se realizó primeramente un análisis de las alternativas desarrolladas como proyectos preliminares con base en un Proceso Analítico Jerárquico, lo que permitió tomar la decisión de cuál de las alternativas es la que ofrece la mejor solución a los problemas de erosión en la zona de estudio de Holbox.

Tabla VII_ 5. Estrategias de acción para resolver el problema de erosión en Holbox.

Estrategia	Respuesta de la Costa	Percepción Pública
Estrategia 01 <ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar un relleno mínimo de seguridad en el frente de la playa en la porción de mayor vulnerabilidad. • Estructuras de protección para garantizar la estabilidad de la playa. 	Ampliación inmediata de la playa	<ul style="list-style-type: none"> • Relleno de construcción y equilibrio diferentes, puede generar la idea de erosión inmediata de la playa. • Pobladores. Se genera la sensación de seguridad ante eventos extremos de oleaje debido a que se tiene una protección. • Turistas. Se tiene una menor calificación de la playa al tener estructuras rígidas que contrastan con el paisaje natural.
Estrategia 02 <ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar un relleno óptimo para restablecer las funciones de la playa y tener un ordenamiento de la misma. • Realizar mantenimientos periódicos para garantizar un ancho funcional. 	Ampliación inmediata de la playa	<ul style="list-style-type: none"> • Relleno de construcción y equilibrio diferentes, puede generar la idea de erosión inmediata de la playa. • Pobladores. Se puede generar sensación de vulnerabilidad debido a que no se tiene una protección que garantice la playa. • Turistas. Se tiene una mejor calificación de la playa al no tener estructuras rígidas que contrasten con el paisaje natural.
Estrategia 03 <ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar un relleno óptimo para restablecer las funciones de la playa y tener un ordenamiento de la misma. • Estructuras de protección eficientes para garantizar la funcionalidad de la playa. 	Ampliación inmediata de la playa y progresivo crecimiento para formar bahías de equilibrio	<ul style="list-style-type: none"> • Relleno de construcción y equilibrio diferentes, puede generar la idea de erosión inmediata de la playa. • Pobladores. Se genera la sensación de seguridad ante eventos extremos de oleaje debido a que se tiene una protección. • Turistas. Se tiene una menor calificación de la playa al tener estructuras rígidas que contrastan con el paisaje natural.

Estrategia	Estrategia	Respuesta de la Costa	Percepción Pública
Estrategia 04	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar un relleno óptimo para restablecer las funciones de la playa y tener un ordenamiento de la misma. • Estructuras de protección fuera de la costa para garantizar la estabilidad de la playa que minimice el impacto visual. 	Ampliación inmediata de la playa y progresivo crecimiento con incertidumbre de su geometría	<ul style="list-style-type: none"> • Relleno de construcción y equilibrio diferentes, puede generar la idea de erosión inmediata de la playa. • Pobladores. Se genera la sensación de seguridad ante eventos extremos de oleaje debido a que se tiene una protección. • Turistas. Se minimiza el impacto visual y calificación de la playa por presencia de estructuras rígidas fuera de la costa.

VII.4.2. Selección de la mejor alternativa

Para lo anterior se tomó de referencia el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) desarrollado por T. L. Saaty (1991) como una herramienta de ayuda para la toma de decisiones complejas. El PAJ es apropiado especialmente para la toma de decisiones que involucran la comparación de diferentes elementos de resolución que pueden llegar a considerarse como difíciles de cuantificar. Este proceso se basa en la siguiente idea, cuando una persona tiene que realizar una decisión, su reacción natural es agrupar o acumular los elementos de determinación en grupos (jerarquías), de acuerdo a las características comunes de los elementos, para posteriormente, valorar que grupo o cúmulo de información tiene una mayor importancia en la decisión.

El proceso requiere definir elementos de decisión y después mediante, comparaciones, ponderar cada elemento de la consideración; para realizar posteriormente una ponderación final, que será la que permita al líder del proyecto, tomar una decisión. El PAJ aborda ciertos problemas de decisión, en los cuales el número de alternativas o consideraciones son finitas, además de conocer su evaluación (calificación) sobre distintas características de carácter cualitativo.

El PAJ, es una herramienta que tiene como objeto fundamental resolver problemas cuantitativos y que se puede resumir en los siguientes pasos:

- Identificar los criterios que van a ser prioridades para la toma de decisión.
- Combinar tanto los elementos de los criterios, como éstos mismos.
- Normalizar esas combinaciones.
- Calcular promedios.

Éste permite realizar una organización jerárquica de determinado problema en diferentes niveles, lo cual se conjunta perfectamente con el análisis de los diferentes elementos a considerar. De esta manera el proceso acepta o detecta, dentro de ciertos límites, la incoherencia de las personas que toman las decisiones; además de permitir de una forma natural, una jerarquización de los criterios, cosa que en otros métodos no permiten hacer.

Para decidir la mejor alternativa de solución se evaluaron cuatro aspectos (**Figura VII_11**):

- **Técnico**, se evaluó la funcionalidad de las obras y la facilidad del procedimiento constructivo considerando las particularidades del sitio de estudio.
- **Económico**, se evaluaron los costos de las obras de cada alternativa.
- **Ambiental**, se evaluaron los impactos ambientales permanentes y los impactos mitigables.
- **Social**, se evaluó la seguridad patrimonial y la certidumbre legal respecto de la Z.F.M.T.

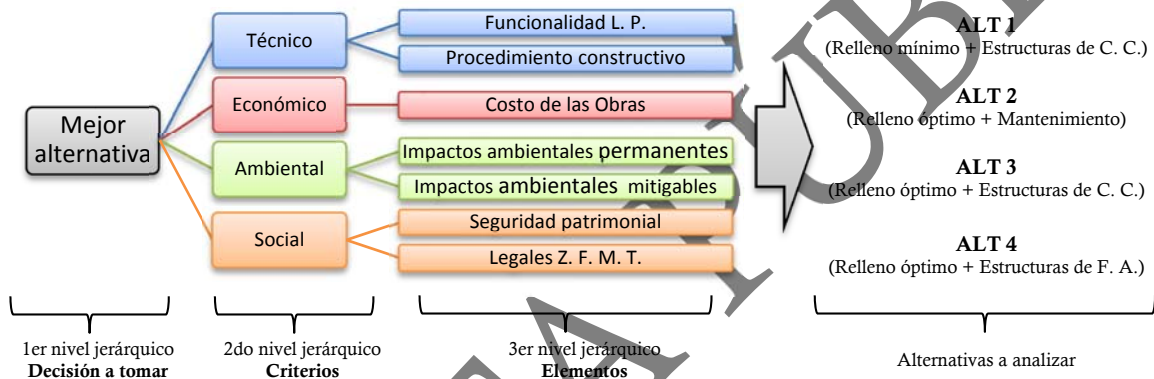


Figura VII_11. Jerarquías del Proceso Analítico Jerárquico.

El análisis de los criterios técnicos, sociales, económicos, ambientales; arroja que los dos primeros tuvieron la mayor puntuación en la evaluación global, mientras que el factor ambiental es el que menor ponderación tuvo (**Figura VII_12**).

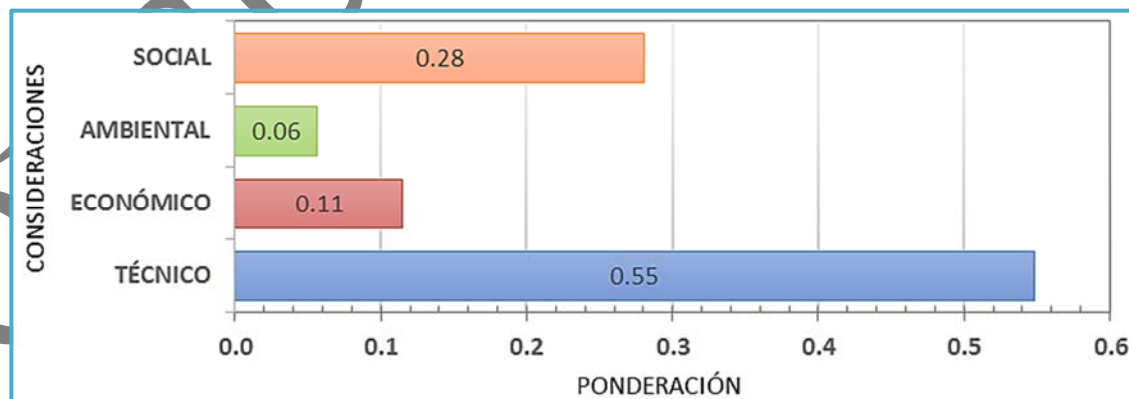


Figura VII_12. Puntuación global de la evaluación del aspecto global.

Con base en la evaluación de alternativas que considera aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales realizada por PROCOMAR, A. C., se determinó que la estrategia 03, es la solución de relleno óptimo y obras de protección para garantizar su funcionalidad en el largo plazo como la mejor alternativa de solución para los problemas de erosión de la zona costera de Isla Chica, Holbox, con una puntuación del 0.42 de 1.0 (Figura VII_ 13).

De forma general se puede establecer que la mejor solución de la erosión en la Isla Chica Holbox es la “Alternativa 3”, la cual fue establecida en el presente documento y que a grandes rasgos consta de:

- Recuperación de playa de 20 m, duna de 12 m, el ancho de construcción es de 25 m, berma con elevación de 1.0 m, duna con elevación de 1.5 m playa recta
- Cinco rompeolas paralelos a las crestas del oleaje y dos de transición, a base de cubos y bolsacreto, con coronamiento de 1.50 m, longitud de 100 m, talud 1V:1.5H y peso de los elementos de 670 kg.
- Rehabilitación y ampliación de cinco espigones con deflexión, elementos a base de bolsacreto de 1.2x2.4x0.3 m con coronamiento de 1.50 m.

El documento que desglosa las alternativas y su evaluación para la Isla Chica, Holbox, se anexa al presente documento.

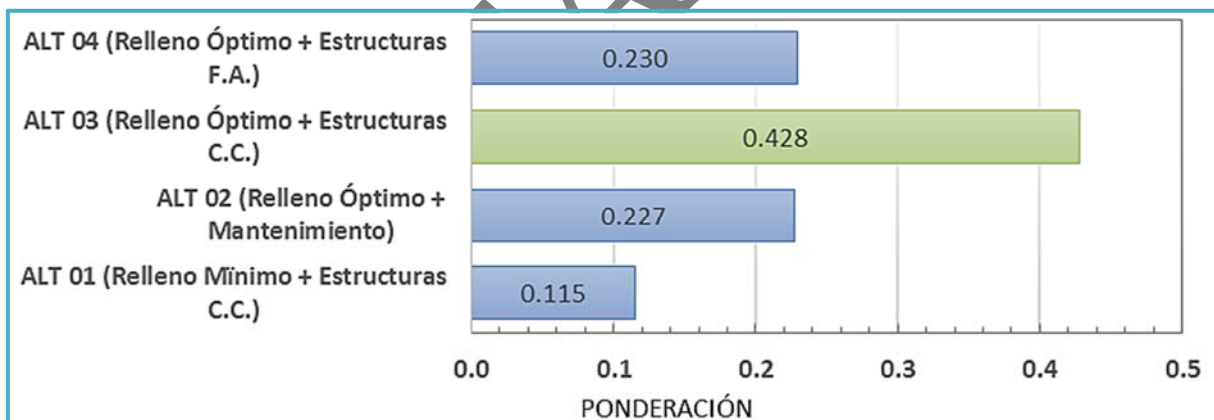


Figura VII_ 13. Puntuación final que define la mejor alternativa de obras.

VIII. CONCLUSIONES

La zona costera, definida como la porción de suelo que divide la tierra del mar, es un entorno natural de características muy particulares, con una gran riqueza natural, social, económica, etc., la zona costera es el soporte de una gran parte de la población, de actividades productivas y diversidad biológica. El crecimiento de las actividades productivas y de la población en las zonas costeras ha generado una problemática importante en los procesos naturales de la costa. Obras de ingeniería, combinadas con el cambio climático han alterado los procesos naturales, originando la erosión de la misma y la destrucción del hábitat y biodiversidad.

En los últimos años se ha puesto mayor interés en la zona costera, debido al rápido desarrollo de la región y al incremento de la vulnerabilidad de las poblaciones y de la pérdida de humedales costeros, sobre todo considerando que nuestro país se ubica en una zona con una alta incidencia de huracanes cuya ocurrencia es cíclica, además de los efectos de mediano y largo plazo por el cambio climático. La importancia de atender la vulnerabilidad de las poblaciones corresponde con preservar las vidas humanas, su patrimonio, fuentes de trabajo; por otro lado y no menos importante, la atención en la preservación de los ecosistemas costeros vistos como bienes nacionales.

Es por ello que se requieren impulsar acciones que permiten afrontar la problemática de erosión que se presenta en nuestras costas mexicanas con el objetivo primordial de reintegrar las funciones y servicios que brinda la zona costera, como es el caso de la Isla Chica, Holbox, donde casi el 70 % de la playa presenta problemas de erosión, generados desde hace varias décadas como resultado de las actividades antropogénicas y los embates de los fenómenos hidrometeorológicos de gran magnitud.

Isla Chica, Holbox, es una isla de barrera localizada en la zona norte de la península de Yucatán, dentro del estado de Quintana Roo, a 12 Km del Puerto de Chiquilá y de Cancún a 160 km, en las coordenadas 21° 31' Latitud Norte y 87° 23' Longitud Oeste y tiene una extensión a lo largo de 43 km. Es la mayor cadena de islas bajas y angostas, entre boca de Jojón y Boca Conil, que dan acceso a la Laguna de Yalahau.

La importancia de la Isla de Holbox radica en que es uno de los sitios turísticos más importantes del estado de Quintana Roo con una estructura de servicios basada en su potencial de capital natural. Holbox forma parte del Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam decretada el 6 de junio de 1994 como área de protección. Es refugio de especies en peligro de extinción. Por lo que es sede de proyectos turísticos sustentables con un impacto mínimo en los diversos ecosistemas, fauna y vegetación endémica en la zona. La forma más fácil de acceder a la isla es a por vía marítima desde el Puerto de Chiquilá.

Para mitigar los problemas de erosión en la costa de Holbox, desde los años ochenta se han realizado obras a base de espigones de bolsacreto, cuyos resultados parciales han obligado a continuar colocando series adicionales de estas estructuras debido a la erosión que siempre se genera aguas abajo.

Con base en lo anterior, el presente estudio propone una alternativa para la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa en 5,500 km de la costa de Isla Chica de Holbox,

Para el presente estudio se elaboró previamente un estudio de factibilidad técnica ambiental y de ingeniería costera para la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la isla chica de Holbox, Quintana Roo, con la finalidad de contar con la mejor alternativa de proyecto para establecer una estrategia a implementar en la isla, como una medida de adaptación ante los efectos del cambio climático.

Con base en la identificación de los factores que afectan la estabilidad, se propusieron las acciones a seguir, para controlar la erosión de la costa y restablecer sus funciones, las acciones consideran medidas de recuperación de la playa, obras de estabilización en el largo plazo, obras que faciliten la gestión de la costa y proyectos ambientales que permitan mejorar las condiciones ambientales del sitio y mejoren la interacción de los pobladores con el entorno.

El proyecto como propuesta de solución en términos generales se dividió en tres zonas, tiene como objetivo la ejecución de actividades y obras enfocadas hacia la recuperación, estabilización y conservación integral de la línea de costa de una sección en la Isla Chica de Holbox, Quintana Roo, lo cual se logrará a través de lo siguiente:

1. Zona Suroeste –Primer Etapa:

- Recuperación de la playa y zona de tránsito.
- Conformación y reforestación de la duna costera.
- Habilitación de rompeolas.
- Retiro de espigones que sobresaldrían del relleno.

2. Zona Centro – Segunda Etapa:

- Recuperación de la playa y zona de tránsito.
- Conformación y reforestación de la duna costera.
- Rehabilitación y ampliación de espigones.
- Retiro de espigones que sobresaldrían del relleno.

3. Zona Noreste – Tercer Etapa:

- Recuperación de la playa y zona de tránsito.
- Conformación y reforestación de la duna costera.

Se aprovechará un aproximado de 241,580 m³ de arena la cual se tomará de zonas aprovechables localizadas en la parte marina frente al proyecto. Este material tiene un origen, tamaño de grano y color compatible con la arena de la playa.

Las obras sobre salen de 1.5m sobre el N. B. M. I por cuestiones d seguridad, para determinar dicha altura como parte de los trabajos de campo, se realizó el levantamiento de

la Zona Federal Marítimo terrestre, tomando el valor de la pleamar máxima registrada en la zona más cercana de medición que es Isla Mujeres que fue de 0.79 m, considerando también el mismo nivel en Progreso Yucatán y ponderando los niveles así como tomando en consideración el nivel de la playa actual, se proyectó la altura de la berma que es igual a 1.0 m respecto al N.B.M. sobre la cual se medirá la línea correspondiente a la ZFMT de proyecto, es decir; el nivel de playa seca estará ubicado a 1 m respecto al N.B.M.I. Por lo anterior, las estructuras propuestas con una altura de 1.5 m respecto al N.B.M.I. sobresalen respecto de la playa seca 0.5 m. Como referencia, los espigones actuales tienen una elevación de 1 m respecto al N.B.M.I.

Por otro lado, es necesaria una altura de la corona que evite el rebase del oleaje en la fracción expuesta de los espigones de manera frontal al oleaje, considerando una sobre elevación de 1 m del nivel del agua más una altura de ola de 1.1 m en la zona de desplante, la estructura tendría que tener un nivel superior a 2 m, sin embargo; considerando los aspectos de paisaje, se limita dicha altura a 1.5 m, lo cual; no evita el rebase total, pero disminuye el número de olas que rebasan la estructura y sacan la arena de las celdas.

El proyecto pertenece al sector turístico y fue vinculado con los instrumentos de planeación y normatividad vigente aplicables al presente proyecto de mejoramiento de playa, tales como Leyes, Reglamentos, Ordenamientos Ecológicos, Planes de Desarrollo Urbano y Normas Oficiales Mexicanas. Éste se ubica dentro de la ANP Área de Protección de Flora y Fauna Yum-Balam, cuyo programa de manejo no ha sido publicado en el DOF. Sin embargo, actualmente se cuenta con un Resumen de Programa de Manejo publicado el 9 de noviembre en la página de la CONANP, el cual está siendo sometido, actualizado y consensado con la población. Por lo que, el presente proyecto está basado en las disposiciones jurídicas aplicables publicadas en el DOF, DO o Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo.

El Sistema Ambiental Regional (SAR) ocupa una superficie de 100 ha, dentro de ésta, el proyecto tendrá su influencia y además será el marco de referencia para la identificación y evaluación de los impactos generados en las actividades de cada una de las etapas, así como la propuesta de medidas de mitigación, asegurando que con su implementación se reduzcan sus efectos. El SAR del proyecto fue dividido en base al muestreo en campo e información bibliográfica, en ocho ambientes: Arenal costero, Playa, Bajos, Humedal costero, Laguna Conil, Pastizales, Dunas caminantes y Asentamientos humanos. El proyecto tendrá una influencia directa en la zona costera de Isla Chica, Holbox hacia el mar a una distancia menor de 1.5 km

De acuerdo a la caracterización de la flora y fauna en el área de estudio, se encontró que zona marina en un gran porcentaje (cerca de un 80%) es muy somera alcanzando un promedio de 70 cm de profundidad, esta condición no permite el desarrollo de una estructura compleja que pueda proporcionar una mayor diversidad de flora y fauna marinas. No hay presencias de zonas arrecifales cercanas, los sitios asociados a manglares se limitan a los dos extremos, adicionalmente se encuentra cercana a la confluencia del Mar Caribe y Golfo de México, que influye de alguna manera en el ecosistema.

Las especies observadas en el área de influencia directa y registradas en el SAR fueron agrupadas en fauna, subdivida en invertebrados, ictiofauna, aves, herpetofauna (incluyendo, tortugas marinas), mamíferos (marinos y terrestres), y flora, subdividida en flora marina (algas y pastos), duna costera, matorral costero, manglar, vegetación secundaria.

Respecto al análisis de la fauna en el sedimento marino se encontraron un total de 416 organismos corresponden a 17 Taxa distintos, agrupados en 4 Phyla: Mollusca, Arthropoda, Nematoda y Annelida distribuidos en tres estaciones. La estación con mayor abundancia de organismos fue M2 (263) seguida de M5 (97) y por último la M9 (56). La estación que presentó mayor diversidad fue M2 con 15 especies distintas, por su parte, en la estación M5 se contabilizaron 11 especies y 10 especies en la M9. De acuerdo a la lista de especies en riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las especies reportadas en este informe se encuentran bajo alguna categoría de protección. En ninguna de las estaciones muestreadas se encontraron postlarvas o juveniles mayores a 1mm de *Strombus gigas*, sin embargo, la fauna bentónica presenta variaciones estacionales y espaciales, por lo que se recomienda monitorear estas mismas estaciones de muestreo en otras épocas del año.

De acuerdo a la información recabada en el SAR realizados se encontraron 19 seis especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo las especies más frecuentes en el área de influencia directa la cacerolita de mar, la iguana rayada, el flamenco rosado, el mangle botoncillo, la palma chit y nacax, etc. Las especies mencionadas no serán afectadas por las obras y actividades del proyecto dado que se establecerán medidas de mitigación como en el caso de las tortugas y la cacerolita de mar.

Respeto al diagnóstico integral de los factores que generan la erosión en la costa de Isla Chica, Holbox, los factores que la inducen se explica considerando las tres zonas del proyecto con el siguiente comportamiento, que son:

- Zona Noreste, que abarca principalmente toda la zona donde la función de la playa es habitad de flora y fauna. Los rasgos importantes que afectan esta zona son: Aportación continua de sedimento proveniente de Punta Mosquito, oleaje de baja energía, tipo de rompiente en descrestamiento, presencia de una barra que amortigua casi toda la energía, influencia del delta de una boca que impide el transporte litoral pegado a la playa, perfil de playa sin duna y muy plano, y playa ubicada en zona de oleaje temporal de alta energía (nortes y huracanes).

La zona de estudio cuenta con una aportación constante de sedimento, producto del acarreo litoral proveniente del noreste. La presencia de una barra longitudinal frente a la playa origina que el oleaje disipe la mayor parte de su energía en dicha zona. El tipo de rompiente minimiza el ascenso y descenso sobre la playa al romper, por lo cual difícilmente suspende el material para subirlo hacia la parte alta de la playa que permita un crecimiento de la misma, además este tipo de rompiente convierte la energía de forma eficiente transfiriéndola de forma lateral,

sobre todo por la oblicuidad del oleaje, maximizando el transporte en la zona litoral.

Debido a que la playa es muy plana y por la altura de la ola y sobrelevación del nivel del mar, al presentarse oleaje de alta energía, éste penetra hasta la costa, arrastrando el escaso sedimento en la berma y posteriormente de la costa hacia la zona baja de la playa y generando el retroceso de la misma. Como se señaló y debido a que el oleaje normal no tiene capacidad para regresar el material a la zona alta de la playa por la baja energía y no tiene transporte pegado a la playa, en esta zona es imposible que la playa pueda recuperarse de forma natural.

- Zona Centro, donde se ubica la mayor donde se ubica concentrada la población y la primera batería de espigones. Los rasgos importantes que afectan esta zona son: aportación continua de sedimento proveniente de la Zona Noreste, oleaje de baja energía, tipo de rompiente en descrestamiento, amplia zona de rompientes, debido a la orientación de la playa, disminuye el potencial de transporte, perfil de playa con dunas bajas y discontinuas, playa ubicada en zona de oleaje temporal de alta energía (Nortes y Huracanes), y espigones con falla en la longitud de trabajo.

La zona de estudio cuenta con una aportación constante de sedimento, producto del acarreo litoral a través de un bypass de la barra longitudinal del NE. Al igual que en la zona NE, el tipo de rompiente minimiza el ascenso y descenso sobre la playa al romper, dificultando la suspensión del sedimento para subirlo hacia la parte alta de la playa y debido a que la orientación de la playa respecto a la incidencia del oleaje reduce el potencial de transporte, éste se deposita en la parte baja ampliando la zona de rompientes hasta unos 70 m y generando una playa muy plana. Por el tipo de rompiente, es mayor el transporte de arrastre por fondo y resalto en la zona de rompientes y menor la depositación en la zona alta.

Debido a que la playa es muy plana, al paso de una tormenta, el oleaje ciclónico y la sobrelevación por tormenta arrastran el escaso sedimento en la berma hacia la zona baja de la playa y dificultan la recuperación de la misma. Por otro lado, los espigones de la primera batería en forma de “I” favorecen la captación del sedimento producto del transporte litoral, pero cuando se presenta oleaje de alta energía (huracanes y nortes), el material es fácilmente expulsado de la celda, lo cual genera periodos en los que el sedimento es retenido en las celdas y se origina un déficit corriente abajo.

- Zona Suroeste, donde se ubica la segunda batería de espigones y donde se ubica la mayor erosión de todo el frente de estudio analizado. Los rasgos importantes que afectan esta zona son: aportación intermite de sedimento proveniente de la Zona Noreste, oleaje de baja energía, tipo de rompiente en descrestamiento, amplia zona de rompientes, batería de espigones con deflexión, perfiles de playa bien desarrollados en la zona protegida con espigones, zona no protegida corriente abajo de la batería de espigones, debido a la orientación de la playa, se

incrementa el potencial de transporte respecto a la zona centro, y playa ubicada en zona de oleaje temporal de alta energía (Nortes y Huracanes).

El volumen de sedimento que ingresa a la zona SW donde se ubican los espigones es menor al que recibe la zona centro, debido a la reducción del potencial de transporte en dicha zona y cuando las celdas de la primera batería de espigones en la zona centro pierde sedimento por incidencia de oleaje de alta energía (huracanes y nortes), el aporte de sedimentos es todavía menor por la retención de sedimento que generan las celdas al paso del mismo.

Para el análisis de los impactos del proyecto, se compararon las características del medio abiótico, biótico y socioeconómico del área del proyecto y su Sistema Ambiental. Se observaron un total de 178 impactos (97 positivos, 6 negativos no mitigables y 75 mitigables) de los cuales, 100 impactarán en el medio abiótico, 32 en el medio biótico y 46 en el medio socioeconómico. La mayoría de los impactos del proyecto son insignificantes, a realizarse sólo en el predio, de carácter fugaz y discontinuo. Así mismo los impactos mitigables ocupan el 42% del total y sólo el 3% de los impactos es negativo no mitigable, mientras que los impactos benéficos que traerá el desarrollo del proyecto ocupan al 55% del total.

Durante la implementación del proyecto, la mayoría de los impactos tanto benéficos como mitigables ocurrirán en la etapa de construcción. Una vez implementadas las obras, los impactos en la etapa de operación y mantenimiento serán mayormente positivos, con algunos impactos mitigables que ocurrirán durante las actividades de mantenimiento. Para los cuales se establecieron una serie de medidas de mitigación.

Posterior a la implementación de las medidas de mitigación, se consideraron como residuales tres impactos producidos por la modificación del relieve marino-costero mediante el bombeo y relocalización de arena, así como la habitación de las estructuras de protección (espigones y rompeolas), que son: cambio en el relieve marino-costero, bombeo y relocalización de arena, habitación de las estructuras de protección (espigones y rompeolas). Éstos representan las obras medulares del presente trabajo, sus efectos son fijos sobre el medio ambiente y su influencia es necesaria para revertir la erosión de la zona costera a partir de la recuperación y estabilización de la playa.

Los impactos acumulativos del proyecto están asociados a alteraciones ya existentes y que mantendrán o ampliarán su impacto, que en su mayoría será benéfico hacia la estructura comunitaria y generación de hábitats, la calidad de vida, topografía y duna costera.

La implementación de las medidas de mitigación y compensación propuestas reducirá el efecto de las actividades del proyecto sobre el medio abiótico, biótico y socioeconómico. Por lo que se establecieron 15 medidas generales, que incluyen nueve programas y 43 medidas específicas; con las cuales se pretende revertir el efecto de los impactos establecidos para el proyecto.

Dado lo anterior y lo importante que es proteger a la población de Isla Chica, Holbox, su importancia nacional e internacional para el turismo, y por la gran biodiversidad que tiene y hábitats que se están viendo afectados por la erosión, se considera que ambientalmente el proyecto es aceptable y de urgente aplicación.

CONSULTA PÚBLICA

IX. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

ANEXO I. Documentación legal

Anexo I.1: Acta constitutiva de la empresa promovente

Anexo I.2: Identificación oficial del representante legal

Anexo I.3: Registro Federal de Contribuyentes de la promovente (Marenter)

ANEXO II: Cédulas profesionales del responsable técnico y colaboradores.

ANEXO III: Información técnica

Anexo III.1: Matrices de Leopold

Anexo III.2: Estudio de factibilidad técnica ambiental y de ingeniería, elaborado por PROCOMAR.

Anexo III.3: Propuesta de proyectos ambientales complementarios.

Anexo III.4: Anexo fotográfico

Anexo III.5: Informe técnico de organismos observados en el sedimento la zona de disposición, elaborado por CINVESTAV.

Anexo III.6: Análisis CRIT de la zona de disposición de arena, elaborado por ABCAnalític.

Anexo III_7: Análisis granulométrico de la arena

Anexo III_8: Planos del proyecto.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Abascal, A.J., Shienbaum, J., Candela, J., Ochoa, J., Badan, A., 2003. Analysis of flow variability in the Yucatan Channel. *J. Geophys. Res.* 108-C12, 3381, doi:10.1029/2003JC001922.
- Almada-Villela, P., Sale, P., Gold-Bouchot, G, y Kjerfve, B. 2003. Manual de Métodos para el Programa de Monitoreo Sinóptico del SAM. Métodos Seleccionados para el Monitoreo de parámetros físicos y biológicos para utilizarse en la región mesoamericana. Proyecto para el SAM. Unidad Coordinadora del Proyecto Coastal Resources Milti-complex Building. Belice. 158pp. Sitio web: <http://www.mbrs.org.bz>.
- Appendini, C.M., P. Salles, E.T. Mendoza, J. López y A. Torres-Freyermuth. 2012. Longshore sediment transport on the Northern coast of the Yucatan Peninsula, *Journal of Coastal Research.* 28-6: 1404-1417. ISSN: 0749-0208.
- Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Badan, A., Candela, J., Sheinbaum, J., Ochoa, J., 2005. Upper-layer circulation in the approaches to Yucatan Channel, in: Sturges, W., Lugo-Fernandez, A. (Eds.), *Circulation in the Gulf of Mexico*.
- Bayer, F. M., M. Grasshoff y J. Versevedt (Eds). 1983. Illustrated trilingual glossary of morfological and anatomical terms applied to octocorallia. E. J. Brill/Dr. W. Backhuys. Leiden. 75 pp.
- Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.
- Cairns, S. 1977. Guide to the commoner shallow-water gorgonians (Sea whips, sea feathers and sea fans) of Florida, The Gulf of Mexico and the Caribbean Region. Sea Grant Field Guide Series number 6. University of Miami. Sea Grant Program. 74 pp.
- Castañares, L., Soto, L. 1982. Estudios sobre los corales escleractíneos hermatípicos de la costa noreste de la península de Yucatán, México. I. Sinopsis taxonómica de 38 especies (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.* 9:295-344.
- Chaplin, Ch. C. G. 1972. Fishwatchers guide to west-Atlantic coral reefs. Harwood Books, Pennsylvania. 65 pp.
- Colin, P. I. 1988. Marine invertebrates and plants of the living reef. T.F.H. Publications, Inc. Ltd. 512 pp.
- Decreto por el que se declara Área Natural Protegida con carácter de área de protección de flora y fauna de Yum Balam, ubicada en el Municipio de Lázaro Cárdenas,

Estado de Quintana Roo. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 1994.

- Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR). 2009. Estrategia de Desarrollo Urbano y Turístico del Corredor Cancún-Riviera Maya 2025. Fondo Nacional de Fomento al Turismo. Elaborado por Felipe Ochoa y Asociados. México, D.F. 95 p
- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3^o edición. México. D. F. Offset Larios, UNAM, 246 pp.
- Guilcher, A. 1988. Coral Reef Geomorphology. John Wiley & Sons. 228p.
- Gutiérrez, D., García, C., Lara, M., Padilla, C., Pizaña, J., y R. Macías. 1993. Caracterización de los arrecifes coralinos de la reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Q. Roo. México. Sian ka'an Serie Documentos No. 1: 1-47.
- Gutiérrez, D., Lara, M., Padilla, C., Pizaña, J., García, G., Loreto, R., Camarena, T. 1995. Caracterización de los arrecifes coralinos en el corredor “Cancún-Tulum”, Quintana Roo, México. Sian ka'an Serie Documentos No. 4. 3-39.
- Hughes, T. P. 1984. Population dynamics based on individual size rather than age: a general model with a reef coral example. *American Naturalist*, 123:728-795.
- Humman, P. 1989. Reef fish identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla. 267 pp.
- Humman, P. 1993a. Reef coral identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla. 239 pp.
- Humman, P. 1993b. Reef creature identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla. 320 pp.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, (INEGI), 2002. Estudio Hidrológico del Estado de Quintana Roo.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2010. Censo de Población y Vivienda del Estado de Quintana Roo. México.
- Lara, M., Padilla, C., Pizaña, J., Urquiza, R., Nava, T. 1994. Caracterización de cuatro áreas arrecifales de la costa de Quintana Roo. Desarrollo arrecifal y Estructura de la comunidad. Reporte final.
- Leopold 1971, I. B., f. E. Clarke, b. B. Hanshaw, and j. E. Balsley. 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological survey circular 645, Washington, D.C.
- Ley General de Bienes Nacionales; Diario Oficial de la Federación, 20 de mayo de 2004, actualizada el 7 de junio de 2013.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2013. Diario Oficial

- de la Federación. Publicado el 28 de enero de 1988, última reforma publicada en el DOF el 16 de Enero de 2014.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2013. Diario Oficial de la Federación. Publicado el 28 de enero de 1988, última reforma publicada en el DOF el 7 de junio de 2013.
- Ley General de Vida Silvestre, Diario Oficial de la Federación, 3 de julio de 2000, texto vigente, última reforma publicada en el DOF fue el 19 de Marzo de 2014.
- Littler, D. M., Littler, K., Buchery J. Norris. 1989. Marine Plants of the Caribbean. A field guide from Florida to Brazil. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 263 pp.
- López-Herrera, M. 1992. Diagnósis taxonómica de las esponjas de las estructuras arrecifales de Antón Lizardo y Puerto de Veracruz. Tesis licenciatura. Fac. Ciencias, UNAM. 88 pp.
- Loya, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13:100-23.
- Merino, M. 1986. Aspectos de la circulación costera superficial del Caribe Mexicano con base en observaciones utilizando tarjetas de deriva. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.* 13 (2): 31-46.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental – especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Diario Oficial de la Federación del 30 de diciembre de 2010. 78 p.
- Padilla, C. 2013. Caracterización de la biota marina frente al hotel RIU en Punta Cancún, Quintana Roo. Informe técnico. Bacabes del Mar, S. C. 32 p.
- Padilla, C., Gutiérrez, D., Lara, M. y C. García. 1994. Coral Reefs of the Biosphere Reserve of Sian Ka'an, Quintana Roo, Mexico. *Proc. 7th. Int. Coral Reef. Symp. Guam,* 2:986-992.
- Padilla, C., Díaz, J., García, G., Molina, A., Yáñez, B. 2005. Descripción y monitoreo ambiental de los arrecifes coralinos del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo. México. Informe técnico. Bacabes, S. C. 86 pp.
- Porter, J. W. 1972. Patterns of species diversity in Caribbean reef corals. *Ecology.* 53:745-748.
- Pozo, C., *et al.* (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.
- Programa de Manejo Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, 1998. Instituto Nacional de Ecología, primera edición mayo de 1998, México, D.F.

Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, 2014. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. Tomo I. Número 19 Extraordinario, Octava Época. Publicado en Chetumal, Quintana Roo, el 27 de Febrero del 2014.

Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. Publicado en el Diario Oficial de la Federación. Tomo DCCX No. 17. México, D.F. 24 de noviembre de 2012.

Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental. Última reforma publicada Diario Oficial de la Federación el 26 de abril 2012.

Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos ganados al mar, Diario Oficial de la Federación, 21 de Agosto de 1991.

Consulta Electrónica:

- <http://www.conabio.gob.mx>
- <http://www.conanp.gob.mx>
- <http://www.itis.gov/>
- <http://species-identification.org/>
- http://www.conasami.gob.mx/pdf/tabla_salarios_minimos/2014.pdf
- <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=23> (INEGI, 2013)
- <http://www.semarnat.gob.mx/>
- <http://www.marinespecies.org/>
- <http://conabio.inaturalist.org/>
- <http://www.algaebase.org/>
- <http://www.fishbase.org/>
- <http://coralpedia.bio.warwick.ac.uk/>
- <http://www.agra.org>
- http://www.conasami.gob.mx/pdf/tabla_salarios_minimos/2014.pdf
- <http://www.birdlist.org/biodiversity/mammals/allmammals/mammallist5.htm>