



# SEMARNAT

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

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

**DIRECCION GENERAL DE**  
IMPACTO Y RIESGO  
**AMBIENTAL**



CORPORACIÓN AMBIENTAL DE MÉXICO

Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.  
Patricio Sanz #1609, Torre 2, Piso 6  
Col. Del Valle Sur, Del. Benito Juárez  
Ciudad de México, C.P. 03100  
[mexico@cam-mx.com](mailto:mexico@cam-mx.com)  
Tels. +52 (55) 5538.0727  
+52 (55) 5538.4693

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

### Contenido

I.1. Datos generales del proyecto.....	3
I.1.1. Nombre del proyecto.....	3
I.1.2. Ubicación (dirección) del proyecto.....	3
I.1.3. Duración del proyecto. ....	8
I.2. Datos generales del promovente.....	8
I.2.1. Nombre o razón social. ....	8
I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente.....	8
I.2.3. Nombre del representante legal. ....	8
I.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones. .....	9
I.3. Datos generales del responsable del Estudio de Impacto Ambiental.....	9
I.3.1. Nombre o Razón social. ....	9
I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes.....	9
I.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio. ....	9
I.3.4. Dirección del responsable del estudio de impacto ambiental.....	10

## Tablas

Tabla I.1 Coordenadas geográficas de los vértices del proyecto Ixtaca .....	3
Tabla I.2 Duración de las etapas del proyecto .....	8
Tabla I.3 Colaboradores en la elaboración del documento .....	10

## Mapas

Mapa I.1 Ubicación política del proyecto .....	5
Mapa I.2 Ubicación física y vértices del proyecto .....	6
Mapa I.3 Concesiones mineras en las que se ubica el Área de Proyecto .....	7

## Anexos

Anexo I.1 Títulos concesión minera: 245486 “Cerro Grande R1” y 245494 “Cerro Grande 2 R3”	
Anexo I.2 Acta Constitutiva Minera Albatros, S.A. de C.V.	
Anexo I.3 Acta Constitutiva Minera Gorrión, S.A. de C.V.	
Anexo I.4 Registro Federal de Contribuyentes del promovente	
Anexo I.5 Poder Notarial del Representante Legal del promovente e identificaciones oficiales de los apoderados.	
Anexo I.6 Registro Federal de Contribuyentes del responsable del estudio	
Anexo I.7 Documentación oficial del responsable del estudio ambiental	

## I.1. Datos generales del proyecto.

### I.1.1. Nombre del proyecto.

“PROYECTO DE EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO DE MINERALES IXTACA”

### I.1.2. Ubicación (dirección) del proyecto

El Proyecto “Explotación y Beneficio de Minerales Ixtaca” pretende su ubicación en el municipio de Ixtacamaxtitlán, situado en la parte norte del estado de Puebla. El municipio limita al norte con los municipios de Aquixtla, Chignahuapan y Tetela de Ocampo, al sur con el municipio de Libres y el estado de Tlaxcala, al oeste con los municipios de Zautla, Cuyoaco, Ocoatepec y Libres, al Poniente con el estado de Tlaxcala (ver Mapa I.1).

La ubicación de los predios involucrados, así como los vértices principales del polígono del Área de Proyecto (AP) se presenta cartográficamente en el Mapa I.2

Las coordenadas geográficas correspondientes a los vértices del polígono del Área de Proyecto se presentan en la siguiente Tabla I.1.

*Tabla I.1 Coordenadas geográficas de los vértices del proyecto Ixtaca*

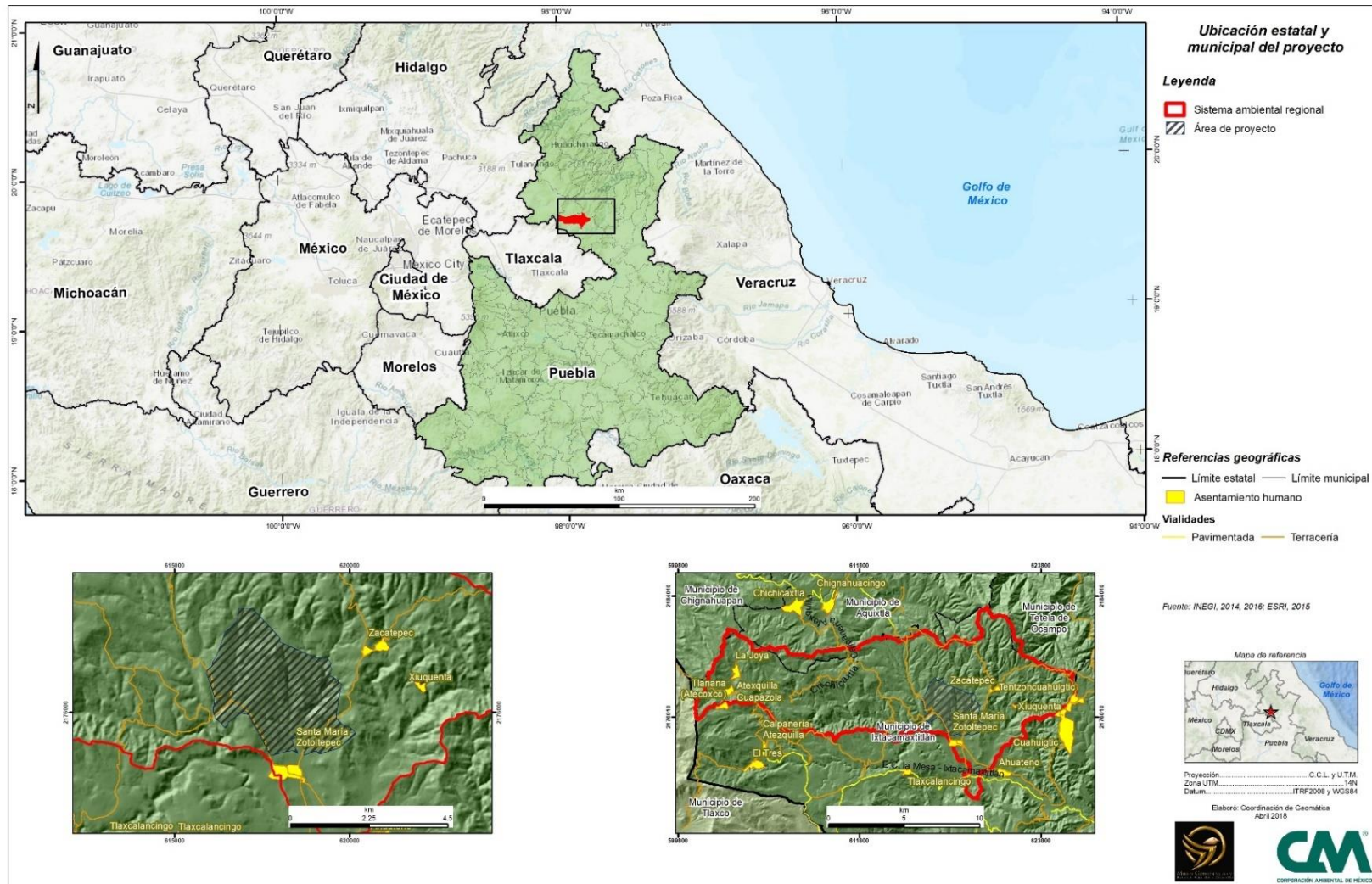
ID Vértice	Coordenadas	
	X	Y
1	616793.009	2178638.81
2	616832.821	2178969.81
3	617215.687	2178976.96
4	618020.779	2178118.2
5	617990.364	2178021.59
6	619083.892	2177543.53
7	619355.533	2177579.11
8	619470.913	2177399.09
9	619447.673	2177312.87
10	619495.843	2177240.18
11	619430.893	2177146.54
12	619421.543	2177060.92
13	619596.599	2176955.88
14	619769.849	2176791.87
15	619709.789	2176510.05
16	619626.629	2175955.65
17	619616.7	2175842.87
18	619808.048	2175639.88
19	619996.068	2175579.98

ID Vértice	Coordenadas	
	X	Y
20	620139.163	2175453.52
21	620172.441	2175388.63
22	619696.567	2174979.31
23	619135.834	2174814.59
24	619047.816	2174897.53
25	618984.927	2174892.01
26	618707.223	2174783.91
27	618689.123	2174809.58
28	618694.413	2174855.36
29	618744.783	2174904.22
30	618753.213	2174949.82
31	618737.183	2174970.53
32	618702.353	2174954.76
33	618680.163	2174989.61
34	618680.593	2174997.9
35	618641.233	2175087.99
36	618572.407	2175337.2
37	618344.219	2175231.84
38	618453.857	2174979.09

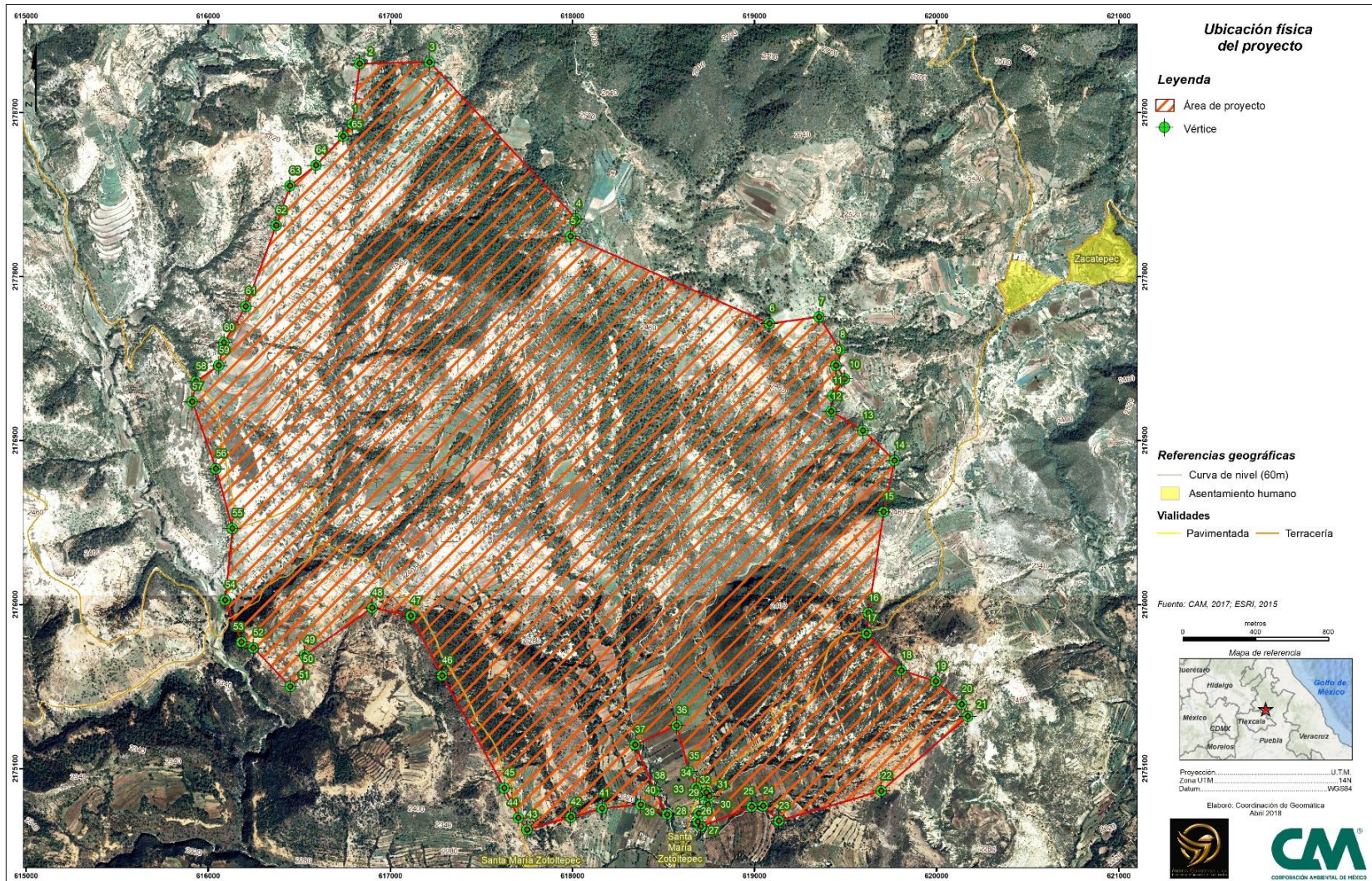
ID Vértice	Coordenadas	
	X	Y
39	618520.563	2174849.15
40	618375.879	2174903.51
41	618163.57	2174882.74
42	617992.583	2174835.58
43	617752.11	2174766.51
44	617704.662	2174830.94
45	617626.647	2174994.6
46	617284.813	2175611.29
47	617113.895	2175939.27
48	616901.403	2175983.15
49	616529.438	2175723.11
50	616520.304	2175618.22
51	616451.013	2175551.24
52	616248.407	2175765.06

ID Vértice	Coordenadas	
	X	Y
53	616183.088	2175796.07
54	616093.21	2176025.12
55	616132.752	2176419.13
56	616042.612	2176746.43
57	615912.846	2177115.69
58	615933.322	2177224.94
59	616058.735	2177312.78
60	616086.781	2177438.72
61	616206.787	2177637.84
62	616373.442	2178081.8
63	616450.121	2178298.42
64	616593.233	2178411.99
65	616743.094	2178571.04

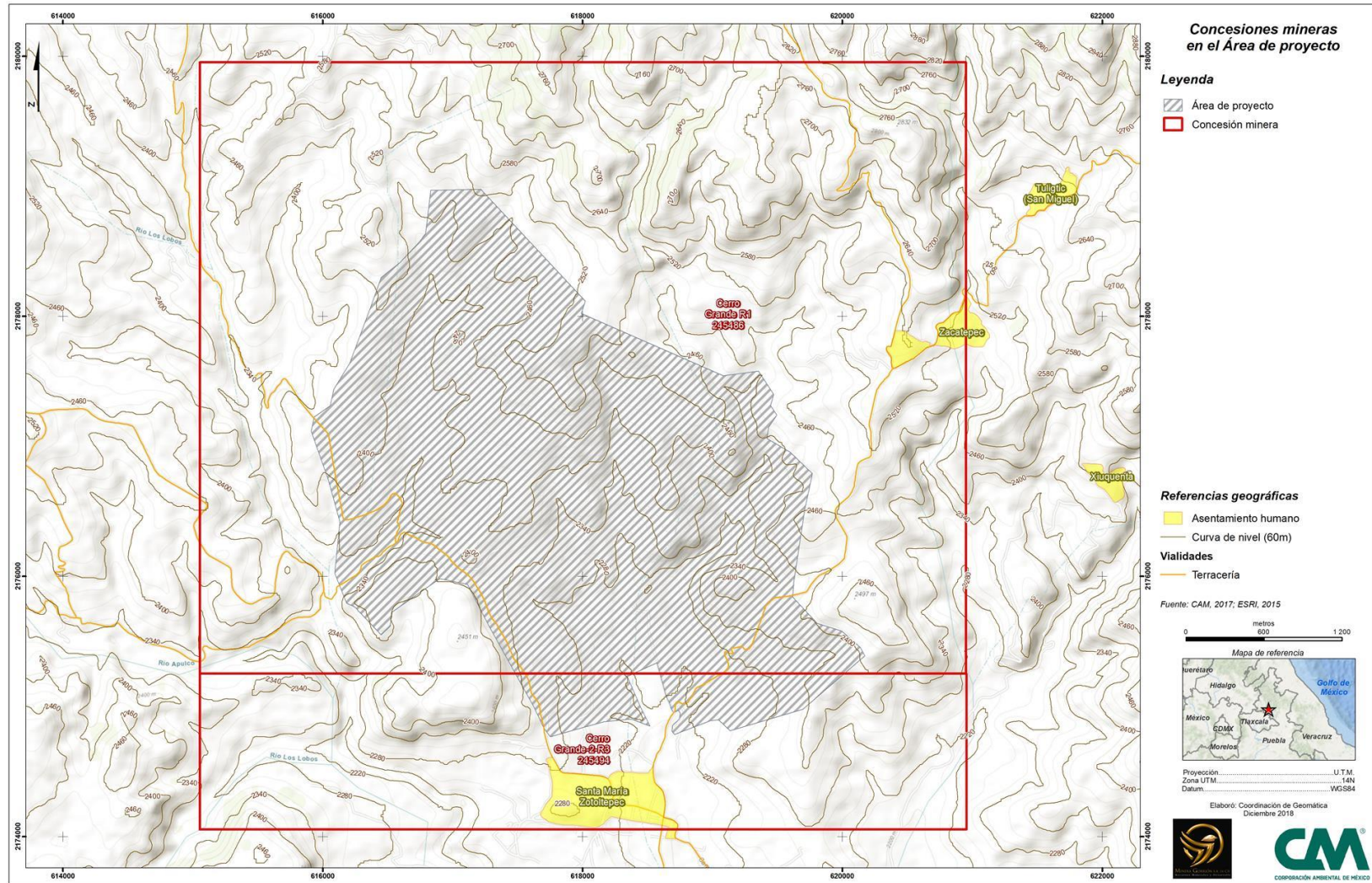
El Área de Proyecto se encuentra ubicado dentro de las concesiones mineras con número de título **245486 “Cerro Grande R1”** y **245494 “Cerro Grande 2 R3”**, las cuales han sido otorgadas a Minera Gorrión, S.A. de C.V., por la Secretaría de Economía a través de la Dirección General de Minas, ambas ubicadas en el municipio de Ixtacamaxitlán y vigentes a partir del 29 de mayo de 2017 hasta el 05 de marzo de 2053 (véase **Anexo I.1** y Mapa I.3)



Mapa I.1 Ubicación política del proyecto



Mapa I.2 Ubicación física y vértices del proyecto



Mapa I.3 Concesiones mineras en las que se ubica el Área de Proyecto



### I.1.3. Duración del proyecto.

El programa de trabajo para el proyecto, considera todas las etapas que integran las actividades mineras, las cuales requieren de un periodo total de 174 meses (14.5 años). De los cuales se requieren 6 meses (0.5 año) para la preparación del sitio, 12 meses (un año) para la etapa de construcción, 132 meses (11 años) para la operación y 12 meses (un año) para el cierre y abandono (ver Tabla I.2).

*Tabla I.2 Duración de las etapas del proyecto*

<b>Etapas del proyecto</b>	<b>Duración (años)</b>
Preparación del sitio	0.5
Construcción	1
Operación y mantenimiento	11
Cierre	1

## I.2. Datos generales del promovente.

### I.2.1. Nombre o razón social.

La empresa promovente es **MINERA GORRIÓN, S.A. DE C.V.**, la cual se encuentra constituida de conformidad con las Leyes Mexicanas según se desprende del Acta Constitutiva en su Clausula Primera, dejando en claro que MINERA ALBATROS, SOCIEDAD ANÓNIMA DE CAPITAL VARIABLE, modifica su nombre al ya mencionado MINERA GORRIÓN, SOCIEDAD ANÓNIMA DE CAPITAL VARIABLE.

En los **Anexos I.2 y Anexos I.3**, se presenta el Acta Constitutiva del promovente (Minera Albatros, S.A. de C.V. y Minera Gorrión, S.A. de C.V., respectivamente).

### I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente.

La empresa promovente cuenta con Registro Federal de Contribuyentes (RFC) Clave No. [REDACTED]

En el **Anexo I.4** se presenta el Registro Federal de Contribuyentes del promovente.

### I.2.3. Nombre del representante legal.

Los Representantes Legales de la empresa MINERA GORRIÓN, S.A. de C.V., [REDACTED] se acreditan de conformidad con las Leyes Mexicanas en representación de la empresa referida, para que conjunta o separadamente soliciten permisos ambientales, presentación de avisos, firmar y recibir cualquier notificación o documento que se expida en relación a las gestiones realizadas para el trámite de evaluación del impacto ambiental del proyecto en cuestión. Lo anterior se evidencia, primero en

el Acta Constitutiva dentro de la Cláusula Segunda (ver Anexo II.2) y en la escritura 15 784 volumen 707 en la Declaración Segunda (ver **Anexo I.5** Poder legal e Identificaciones oficiales de los representantes).

#### **I.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.**

La empresa MINERA GORRIÓN, S.A. de C.V., presenta la siguiente dirección física dentro de la Ciudad de México, para recibir u oír notificaciones.

Calle: [REDACTED]

Colonia: [REDACTED]

Delegación: [REDACTED]

C.P.: [REDACTED]

Tel. + [REDACTED]

Atención: [REDACTED]

Correo electrónico: [REDACTED]

### **I.3. Datos generales del responsable del Estudio de Impacto Ambiental.**

#### **I.3.1. Nombre o Razón social.**

[REDACTED]

#### **I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes.**

La empresa responsable del estudio cuenta con Registro Federal de Contribuyentes (RFC) Clave No. [REDACTED]

En el **Anexo I.6** se presenta el Registro Federal de Contribuyentes del responsable del estudio.

#### **I.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio.**

Ing. [REDACTED]

En el **Anexo I.7** se presenta la documentación oficial que acredita la capacidad técnica del responsable del estudio ambiental.

Los nombres de los colaboradores en la elaboración del documento se presentan en la siguiente Tabla I.3.

*Tabla I.3 Colaboradores en la elaboración del documento*

<b>Nombre</b>	<b>Cargo dentro de la empresa</b>
[REDACTED]	Especialista en Sistemas de Información Geográfica
[REDACTED]	Coordinador de muestreos de campo flora y fauna y estimación Índices de Diversidad
[REDACTED]	Especialista en Aves
[REDACTED]	Especialista en mastofauna
[REDACTED]	Especialista en Herpetofauna
[REDACTED]	Especialista en Quirópteros
[REDACTED]	Especialistas en Flora

#### **I.3.4. Dirección del responsable del estudio de impacto ambiental.**

Calle: [REDACTED]  
Colonia: [REDACTED]  
C.P.: [REDACTED]  
Delegación: [REDACTED]  
Teléfono: [REDACTED]  
Correo electrónico: [REDACTED]

Página intencionalmente dejada en blanco.

## **Anexo I.7 Documentación oficial del responsable del estudio ambiental**



CORPORACIÓN AMBIENTAL DE MÉXICO

Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.  
Patricio Sanz #1609, Torre 2, Piso 6  
Col. Del Valle Sur, Del. Benito Juárez  
Ciudad de México, C.P. 03100  
[mexico@cam-mx.com](mailto:mexico@cam-mx.com)  
Tels. +52 (55) 5538.0727  
+52 (55) 5538.4693

## CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES

### Contenido

II.1. Información general del proyecto .....	5
II.1.1.    Naturaleza del proyecto .....	5
II.1.2.    Justificación .....	6
II.1.3.    Ubicación física y dimensiones del proyecto.....	8
II.1.3.1.    Reservorios de agua .....	13
II.1.3.2.    Disposición Conjunta de Jales Filtrados y Tepetate .....	14
II.1.3.3.    Almacén de suelo fértil.....	14
II.1.3.4.    Proyectos asociados .....	14
II.1.4.    Uso de Suelo .....	16
II.2. Inversión requerida .....	18
II.3. Características particulares del proyecto.....	19
II.3.1.    Programa de trabajo .....	19
II.3.2.    Representación gráfica regional .....	19
II.3.1.    Representación gráfica local.....	19
II.3.2.    Preparación del Sitio.....	22
II.3.2.1.    Delimitación de áreas.....	22
II.3.2.2.    Marcaje y rescate de flora y fauna .....	22
II.3.2.3.    Desmonte.....	22
II.3.2.4.    Rescate de suelo fértil (despalme) .....	22
II.3.2.5.    Rehabilitación y construcción de caminos .....	22
II.3.2.6.    Nivelaciones y compactación .....	22
II.3.3.    Construcción.....	23
II.3.3.1.    Obras para la gestión del agua .....	23
II.3.3.2.    Acondicionamiento de la Instalación para Disposición Conjunta de Jales Filtrados y Tepetate (Oeste T/RCSF).....	24
II.3.3.3.    Infraestructura de beneficio y de servicios.....	25

II.3.3.4.	Obras asociadas .....	26
II.3.4.	Operación y mantenimiento .....	26
II.3.4.1.	Desarrollo del Tajo y mina.....	26
II.3.4.2.	Conformación de Tepetateras e Instalación Para Disposición Conjunta de Jales Filtrados y Tepetate .....	31
II.3.4.3.	Proceso de Beneficio del Mineral .....	34
II.3.4.4.	Oficinas.....	38
II.3.5.	Cierre y Abandono de las instalaciones.....	39
II.3.5.1.	Tajo.....	39
II.3.5.2.	Tepetateras.....	39
II.3.5.3.	Disposición Conjunta de Jales y Tepetate (Oeste T/RSF).....	39
II.3.5.4.	Planta de Beneficio .....	40
II.3.5.5.	Presas de agua y piletas .....	40
II.3.5.6.	Infraestructura auxiliar.....	40
II.3.5.7.	Pozos de monitoreo .....	40
II.3.5.8.	Tuberías.....	40
II.3.5.9.	Áreas aledañas .....	41
II.3.5.10.	Caminos.....	41
II.3.5.11.	Áreas de préstamo.....	41
II.3.6.	Sustancias riesgosas.....	42
II.3.7.	Explosivos .....	42
II.3.8.	Residuos .....	43
II.3.9.	Generación de gases efecto invernadero .....	45

## Tablas

Tabla II.1. Proyecciones de precipitación anual en escenario base y escenarios en futuro cercano y futuro lejano (unidades en mm).....	6
Tabla II.2. Justificación del Proyecto Ixtaca .....	6
Tabla II.3. Coordenadas UTM de la Poligonal del Proyecto (Datum WGS84).....	8
Tabla II.4. Superficies requeridas por el Proyecto .....	9
Tabla II.5. Proporción del tipo de vegetación del AP con respecto del SAR .....	16
Tabla II.6: Superficie por tipo de vegetación ocupada por las obras dentro del AP.....	17
Tabla II.7. Resumen de la inversión requerida .....	18
Tabla II.8. Cronograma del Proyecto Ixtaca.....	19
Tabla II.9. Bases de diseño del Oeste T/RCSF .....	24
Tabla II.10. Bases de diseño del Tajo.....	28
Tabla II.11. Equipo de minado requerido conforme a periodos clave.....	29
Tabla II.12. Capacidad de almacenamiento de las tepetateras.....	31
Tabla II.13. Sustancias peligrosas utilizadas en la operación del proyecto .....	42
Tabla II.14. Cantidades de explosivos a emplear .....	42
Tabla II.15. Residuos peligrosos generados en las diferentes etapas del proyecto. ....	44
Tabla II.16. Consumo de combustibles para uso energético .....	45

## Mapas

Mapa II.1. Ubicación general del proyecto Ixtaca .....	11
Mapa II.2: Obras o instalaciones requeridas para el proyecto Ixtaca.....	12
Mapa II.3. Ubicación del Área de Proyecto (AP).....	21

## Figuras

Figura II.1. Caminos existentes, así como aquellos que requieren adecuarse y nuevos, además del trazo pretendido de la LTE.....	15
Figura II.2. Arreglo general de las instalaciones pretendidas, dentro del AP al término de la etapa de operación (huella final del proyecto). ....	20
Figura II.3. Diseño y secciones de tajo .....	27
Figura II.4. Ubicación de tepetateras .....	32
Figura II.5. Sección- Porción Norte de la Instalación de Disposición Conjunta de Jales y Tepetate (Oeste T/RSF).....	33



Figura II.6. Sección- Porción Sur de la Instalación de Disposición Conjunta de Jales y Tepetate (OesteT/RSF)..... 34

Figura II.7 Diagrama de flujo general que se realizará en la planta de beneficio del proyecto Ixtaca.. ..... 36

Figura II.8. Aspecto general del AP después del cierre ..... 41

## II.1. Información general del proyecto

### II.1.1. Naturaleza del proyecto

El denominado “Proyecto de explotación y beneficio de minerales Ixtaca” (en adelante llamado Proyecto Ixtaca), con una vida útil estimada de 14.5 años, tiene por objeto el aprovechamiento de un depósito epitermal de minerales con contenidos de oro y plata, mediante el desarrollo de un Tajo abierto con superficie, al final de su vida útil, de 133.68 hectáreas (ha); así como del beneficio del material extraído a través de molienda, concentración gravimétrica, flotación, lixiviación y electrodeposición para obtener barras de doré, dos tepetateras, una de las cuales se utilizará para la disposición conjunta de tepetate y jales filtrados y dos reservorios de aguas pluviales (FWD y WSD). La FWD tiene una capacidad estimada de 300 000 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) para el abastecimiento de la actividad minera y la WSD tiene una capacidad de 1.8 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>), para abastecimiento a las comunidades y a la actividad minera en caso de que hiciera falta. En total, el Proyecto requiere una superficie de 1 044.02 ha, de las cuales 466 ha serán ocupadas por infraestructura y las restantes serán aprovechadas como espacios libres, para protección de las instalaciones y seguridad de los procesos, así como caminos.

De acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2013 (SCIAN 2013)<sup>1</sup>, el Proyecto Ixtaca se cataloga bajo la nomenclatura 21222 Minería de oro y plata, la cual incluye a las unidades económicas dedicadas principalmente a la explotación de minerales estimados sobre todo por su contenido de oro o plata, así como los telurios, claverita y silvanita, y a actividades de beneficio, como la trituración, el cribado, la flotación y la lixiviación, encaminadas a la obtención de concentrados y precipitados.

Sin menoscabo del catálogo de obras y sus superficies que se incorpora en las siguientes secciones, es posible afirmar que el Proyecto Ixtaca requiere previamente de la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en materia de impacto ambiental, en función de que la actividad se encuadra dentro de las fracciones I y III del inciso L), fracción I del inciso A), así como fracción I del inciso O), del artículo 5° del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA).

Dado el carácter y tipo de obras y actividades, se estimó prudente el desarrollo de una Manifestación de Impacto Ambiental en modalidad Regional, conforme a la fracción IV del artículo 11 el REIA, dado que pudieran presentarse impactos acumulativos y residuales que pudiesen resultar en la fragmentación del ecosistema.

Es imprescindible mencionar también que, si bien la presente solicitud de autorización no incluye obras adicionales, como la construcción de un camino alternativo para el tránsito de vehículos que no invada al área de proyecto, y una modificación al trazo de la línea de transmisión eléctrica actual, dado que su competencia corresponde a otros promoventes, ambas se describen para considerar los impactos acumulativos y sinérgicos que pudiesen presentarse.

En términos de la vulnerabilidad ante los efectos adversos del cambio climático, el presente proyecto ha considerado la variabilidad de las precipitaciones y así ha estimado su factibilidad,

---

<sup>1</sup> INEGI, 2013. Sistema de Clasificación de América del Norte, México SCIAN 2013. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 588p. Consultado el 10 de octubre de 2017, disponible en:

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scian/presentacion.aspx?file=/est/contenidos/proyectos/SCIAN/doc/scian2013.pdf>

en función del aprovisionamiento de agua, dado que los escenarios planteados en la Estrategia de Mitigación y Adaptación del Estado de Puebla ante el Cambio Climático, arrojan proyecciones de disminución de hasta 143.2 mm en la precipitación media anual para todo el estado, considerando el periodo base (ver Tabla II.1)

Tabla II.1. Proyecciones de precipitación anual en escenario base y escenarios en futuro cercano y futuro lejano (unidades en mm)<sup>2</sup>.

Periodo			Escenario <sup>(a)</sup>
1961-2000	2015-2039	2075-2099	
981.0	918.5	890.9	RCP4.5
981.0	930.7	909.7	RCP6.0
981.0	927.1	837.8	RCP8.5

Notas: (a) Los escenarios se basan en la Trayectorias de Concentraciones Representativas (RCP, por siglas en inglés), Se refiere a la energía expresada en W/m<sup>2</sup>, esperada para finales de siglo por efecto de las emisiones de gases de efecto invernadero, se dividen en cuatro grupos RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5, para la actualización de los escenarios en el Estado de Puebla se utilizaron las proyecciones de los grupos RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5.

Conviene resaltar que, la Síntesis de la Estrategia de Mitigación y Adaptación del Estado de Puebla ante el Cambio Climático (SSAyOT, 2011), considera al municipio de Ixtacamaxtitlán dentro del grupo de municipios de Rango 4 con una vulnerabilidad climática baja para 2010 y media baja para 2020; mientras que el indicador del impacto hidrológico por disponibilidad de agua, se estima para el municipio en el intervalo de -2.5 a 0, tanto para los escenarios al año 2030 como para los escenarios al año 2050.

### II.1.2. Justificación

Dado el origen del Proyecto, es difícil dissociar los elementos que lo justifican en función de sus diferentes naturalezas; sin embargo, la argumentación se muestra a continuación en orden alfabético en la Tabla II.2.

Tabla II.2. Justificación del Proyecto Ixtaca

Esfera	Justificación
Ambiental:	<ol style="list-style-type: none"> <li>Desde el punto de vista ubicación del sitio, los datos recopilados por el promovente identifican la presencia de un yacimiento con reservas probadas y probables, de 73 millones de toneladas de mineral con promedio de 0.59 g/t de oro y 36.3 g/t de plata.</li> <li>El depósito de Ixtaca es un sistema de vena epitermal de baja sulfuración, en donde la mineralización no se oxida y se aloja con clásicos bandas y colofomes de baja sulfuración de carbonato de cuarzo de cuarzo veteados. De acuerdo con los resultados de las pruebas geoquímicas y por la característica del yacimiento no se prevé la generación de drenaje ácido.</li> <li>El Área de Proyecto (AP) definida comprende una superficie de 1 044 hectáreas (ha), de las cuales únicamente el 0.05% se encuentra cubierto por vegetación natural (Bosque de</li> </ol>

<sup>2</sup> Tomado de: Secretaría de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial del Gobierno de Puebla, 2015. Actualización de Escenarios de Cambio Climático en el Estado de Puebla. Dirección de Calidad del Aire y Cambio Climático. Consultado el 11 de noviembre de 2017 y disponible en: [http://www.ceigep.puebla.gob.mx/cclimatico/sitio/?q=actualizacion\\_escenarios](http://www.ceigep.puebla.gob.mx/cclimatico/sitio/?q=actualizacion_escenarios)

Esfera	Justificación
	<p>Táscate), un 8.11 % está recubierto por pastizal inducido, un 26.86 % corresponde a Agricultura de Temporal y el restante 64.97 % presenta vegetación secundaria arbórea de Bosque de Táscate, por lo que el desarrollo de la minería NO compromete la biodiversidad del área.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Durante los muestreos de vegetación realizados, se identificaron 103 especies de plantas vasculares, de las cuales solo <i>Cupressus lusitánica</i> de ellas se considera en riesgo (protección especial) según la NOM-059-SEMARNAT-2010.</li> <li>5. En el caso de la fauna, se registraron 117 especies, dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR), se identificaron 107 especies (62 aves, 24 mamíferos, 21 anfibios y reptiles; algunas de las cuales, 9 especies se encuentran listadas dentro de alguna categoría de riesgo señalada en la NOM-059-SEMARNAT-2010</li> <li>6. Por su parte, dentro del Área de Proyecto (AP), se identificaron 34 especies de aves, 10 de mamíferos y 10 de las cuales únicamente siete se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, 4 de estas se encuentran también en el SAR y tres registradas solo en AP.</li> <li>7. El AP no invade área natural protegida alguna.</li> <li>8. El AP definida, no presenta superposición con respecto a Áreas de Interés para la Conservación de las Aves (AICAs), Regiones Terrestres (RTP) o Hidrológicas Prioritarias (RHP), definidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).</li> <li>9. No existen en el Área de Proyecto Sitios RAMSAR, ni tampoco Humedales, de acuerdo con la información de la CONABIO, ni con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), respectivamente.</li> <li>10. Dada la carencia de aprovechamientos de agua en la región, el Proyecto Ixtaca incorpora la construcción de dos presas (o reservorios) de agua (FWD y WSD). La capacidad de almacenamiento de la FWD es de 300 000 m<sup>3</sup> y la WSD de 1.8 Mm<sup>3</sup> de agua, obtenida de la abundante precipitación pluvial de la zona, lo cual contribuirá no solo a satisfacer los requerimientos de la Unidad Minera, sino también permitirá el abastecimiento a las comunidades cercanas. Lo anterior en virtud de que el proyecto requiere de 0.7 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de mineral procesado durante sus primeros cuatro años de vida, cantidad que disminuye a 0.4 m<sup>3</sup>/t a partir del quinto año de vida y hasta el final de su vida útil.</li> </ol>
Económica:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Proyecto Ixtaca se fundamenta en un precio estimado de \$ 1 275 dólares americanos por onza (USD/oz) de oro y \$ 17 USD/oz de plata, antes de impuestos, con una paridad de \$ 20 MXN por 1 USD.</li> <li>2. Así mismo, el estudio de Pre-Factibilidad realizado por la empresa Moose Mountain Technical Services. (MMTS), estima un total de reservas por 73 millones de toneladas, sumando reservas probadas y probables, promediando leyes de 0.59 g/t de oro y 36.3 g/t de plata.</li> </ol>
Jurídica:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Al mes de noviembre de 2017, el promovente contaba con acuerdos de compra de 1 018 ha, quedando pendientes únicamente 26 ha, aún en proceso de negociación.</li> <li>2. De acuerdo con el análisis de vinculación que se presenta en el Capítulo III de la presente MIA-Reg, NO se identificaron elementos en la legislación mexicana a los que se contraponga el desarrollo del Proyecto Ixtaca.</li> </ol>
Ordenamiento Territorial:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No se identificaron limitaciones a la actividad minera dentro de las estrategias aplicables a la Unidad de Gestión Ambiental, señaladas en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).</li> <li>2. El Proyecto Ixtaca se ubica fuera de Áreas Naturales Protegidas (ANP) de cualquier jurisdicción.</li> <li>3. A nivel Estatal, NO existe un Programa de Ordenamiento Estatal para el Estado de Puebla. Únicamente existe un convenio de coordinación entre SEMARNAT y el Gobierno del Estado</li> </ol>

Esfera	Justificación
	para la formulación, aprobación, expedición, ejecución, evaluación y modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Puebla, el cual data del 13 de julio de 2012 y cuya suerte se desconoce.
Política:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Proyecto Ixtaca responde a las estrategias 4.4.1 y 4.8.2 del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, relativas a promover una política integral de desarrollo que vincule la sustentabilidad ambiental con costos y beneficios para la sociedad, así como a la promoción de mayores niveles de inversión y competitividad en el sector minero.</li> <li>2. Así mismo, visto desde la óptica del Programa de Desarrollo Minero 2013-2018, el Proyecto Ixtaca responde a la estrategia 1.1 destinada a promover a México como destino de la inversión minera.</li> <li>3. A nivel estatal, el Proyecto Ixtaca responde a los ejes 2 y 3 del Plan Estatal de Desarrollo Puebla 2017-2018 (PEDP), denominados Prosperidad y Empleos, así como Sustentabilidad y Medio Ambiente.</li> </ol>
Social:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Proyecto Ixtaca NO requiere de la reubicación de comunidades.</li> <li>2. Conforme a las constancias emitidas por el Gobierno Municipal, con base en la Ley de Derecho, Cultura y Desarrollo de los Pueblos y Comunidades Indígenas, no existen etnias susceptibles de ser afectadas en el AP, ni en la “microcuenca baja” del SAR definido para el proyecto.</li> <li>3. Se estima la generación de 600 empleos directos durante la preparación del sitio y construcción, así como 420 empleos directos al quinto año de la etapa de operación y mantenimiento.</li> <li>4. Generación de empleos indirectos en una relación 5:1, conforme a los datos de la Cámara Minera de México (CAMIMEX) para 2015<sup>3</sup>.</li> </ol>

### II.1.3. Ubicación física y dimensiones del proyecto

El Área de Proyecto se encuentra localizada en la porción norte del municipio de Ixtacamaxtitlán, Estado de Puebla. Distante a 7 km al noroeste de la cabecera municipal, a unos 80 km al norte de la capital del estado y a unos 130 km al oriente de la Ciudad de México (Ver Mapa II.1).

Se puede acceder al Proyecto Ixtaca, a través de la Carretera 119 en el tramo Apizaco-Tlaxco, para tomar con dirección al oriente en la desviación a Cd. Industrial Xicotencalt. Posteriormente, continuar con dirección noreste hacia Lázaro Cárdenas y seguir hacia Ixtacamaxtitlán, para finalmente virar con dirección norte hacia Santa María Zotoltepec. Los caminos públicos de terracería actualmente atraviesan las áreas mineras propuestas.

La poligonal de interés se muestra en la siguiente Tabla II.3.

Tabla II.3. Coordenadas UTM de la Poligonal del Proyecto (Datum WGS84).

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	14 Q 618 487 E	2 174 822 N	34	14 Q 619 083 E	2 177 545 N
2	14 Q 618 418 E	2 174 972 N	35	14 Q 617 990 E	2 178 021 N
3	14 Q 618 328 E	2 175 234 N	36	14 Q 618 020 E	2 178 177 N

<sup>3</sup> CAMIMEX, 2015. Talento Humano. Disponible en: <https://camimex.org.mx/index.php/secciones1/sustentabilidad/desarrollo-comunitario/> [Consultado el 28 de agosto de 2017].

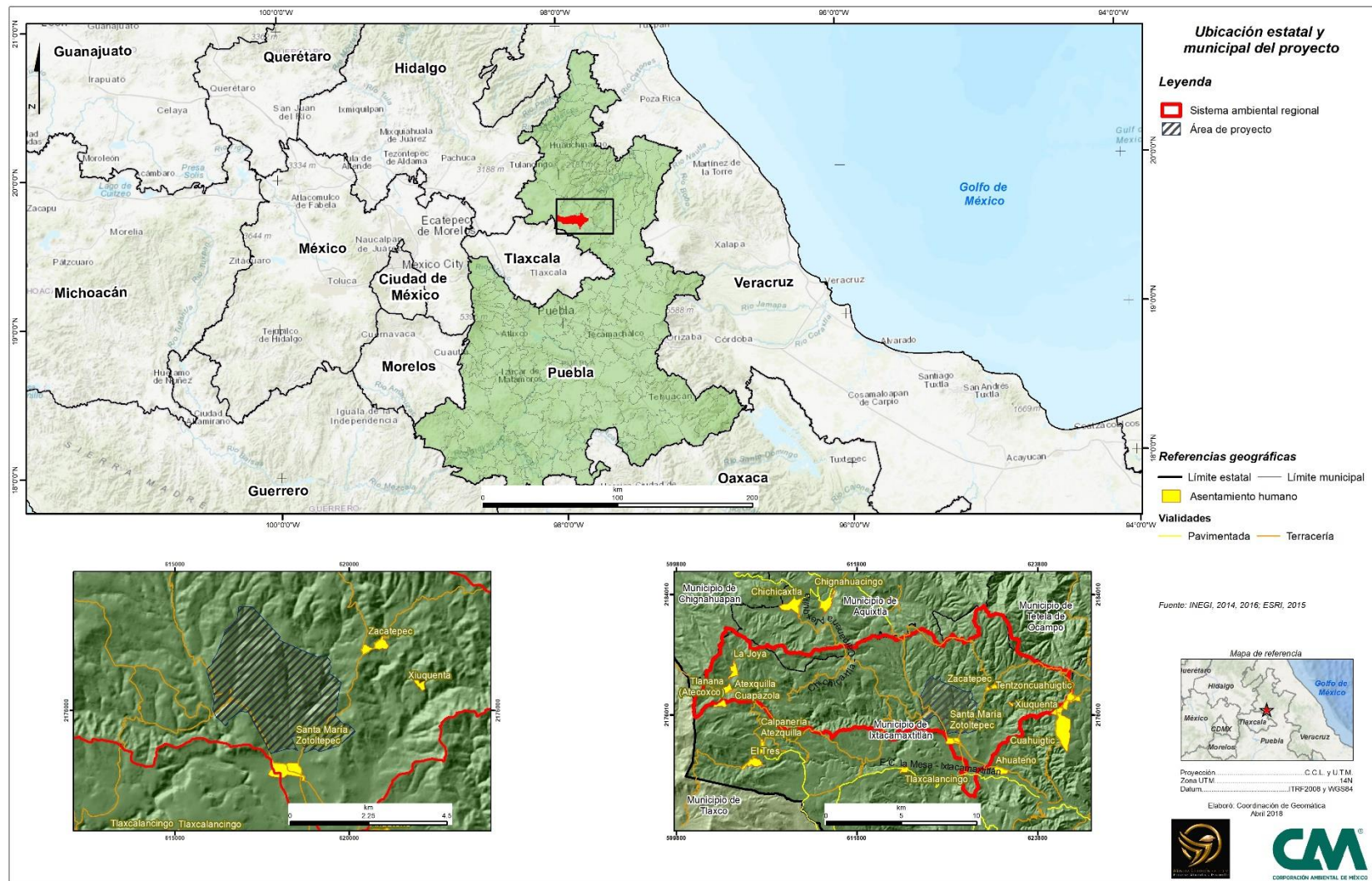
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
4	14 Q 618 575 E	2 175 339 N	37	14 Q 617 216 E	2 178 974 N
5	14 Q 618 640 E	2 175 088 N	38	14 Q 616 833 E	2 178 971 N
6	14 Q 618 680 E	2 175 006 N	39	14 Q 616 792 E	2 178 638 N
7	14 Q 618 679 E	2 174 990 N	40	14 Q 616 745 E	2 178 568 N
8	14 Q 618 703 E	2 174 955 N	41	14 Q 616 593 E	2 178 411 N
9	14 Q 618 739 E	2 174 967 N	42	14 Q 616 451 E	2 178 298 N
10	14 Q 618 751 E	2 174 949 N	43	14 Q 616 372 E	2 178 082 N
11	14 Q 618 743 E	2 174 909 N	44	14 Q 616 206 E	2 177 640 N
12	14 Q 618 691 E	2 174 691 N	45	14 Q 616 085 E	2 177 438 N
13	14 Q 618 689 E	2 174 807 N	46	14 Q 616 059 E	2 177 317 N
14	14 Q 618 708 E	2 174 708 N	47	14 Q 615 933 E	2 177 225 N
15	14 Q 618 984 E	2 174 894 N	48	14 Q 615 912 E	2 177 115 N
16	14 Q 619 048 E	2 174 899 N	49	14 Q 616 043 E	2 176 747 N
17	14 Q 619 134 E	2 174 819 N	50	14 Q 616 133 E	2 176 420 N
18	14 Q 619 696 E	2 174 982 N	51	14 Q 616 091 E	2 176 024 N
19	14 Q 619 949 E	2 175 559 N	52	14 Q 616 184 E	2 175 793 N
20	14 Q 620 138 E	2 175 453 N	53	14 Q 616 246 E	2 175 164 N
21	14 Q 619 995 E	2 175 579 N	54	14 Q 616 449 E	2 175 548 N
22	14 Q 619 607 E	2 175 641 N	55	14 Q 616 519 E	2 175 617 N
23	14 Q 619 615 E	2 175 844 N	56	14 Q 616 527 E	2 175 722 N
24	14 Q 619 625 E	2 175 956 N	57	14 Q 616 903 E	2 175 984 N
25	14 Q 619 710 E	2 176 510 N	58	14 Q 617 115 E	2 175 942 N
26	14 Q 619 769 E	2 176 793 N	59	14 Q 617 283 E	2 175 613 N
27	14 Q 619 596 E	2 176 958 N	60	14 Q 617 628 E	2 174 995 N
28	14 Q 619 422 E	2 177 061 N	61	14 Q 617 702 E	2 174 829 N
29	14 Q 619 430 E	2 177 148 N	62	14 Q 617 753 E	2 174 767 N
30	14 Q 619 496 E	2 177 240 N	63	14 Q 617 996 E	2 174 835 N
31	14 Q 619 447 E	2 177 312 N	64	14 Q 618 160 E	2 174 882 N
32	14 Q 619 470 E	2 177 399 N	65	14 Q 618 372 E	2 174 902 N
33	14 Q 619 354 E	2 177 581 N			

La superficie requerida como Área de Proyecto (AP) es de 1 044.02 ha, de las cuales 466 ha serán ocupadas para la construcción de obras e instalación de las obras requeridas para el Proyecto, las cuales corresponden a un 44.64% de la superficie total. En la Tabla II.4 se indican las obras o instalaciones proyectadas, así como la superficie requerida por cada una de éstas. El Mapa II.2, muestra la distribución de las 13 obras principales dentro del AP.

Tabla II.4. Superficies requeridas por el Proyecto

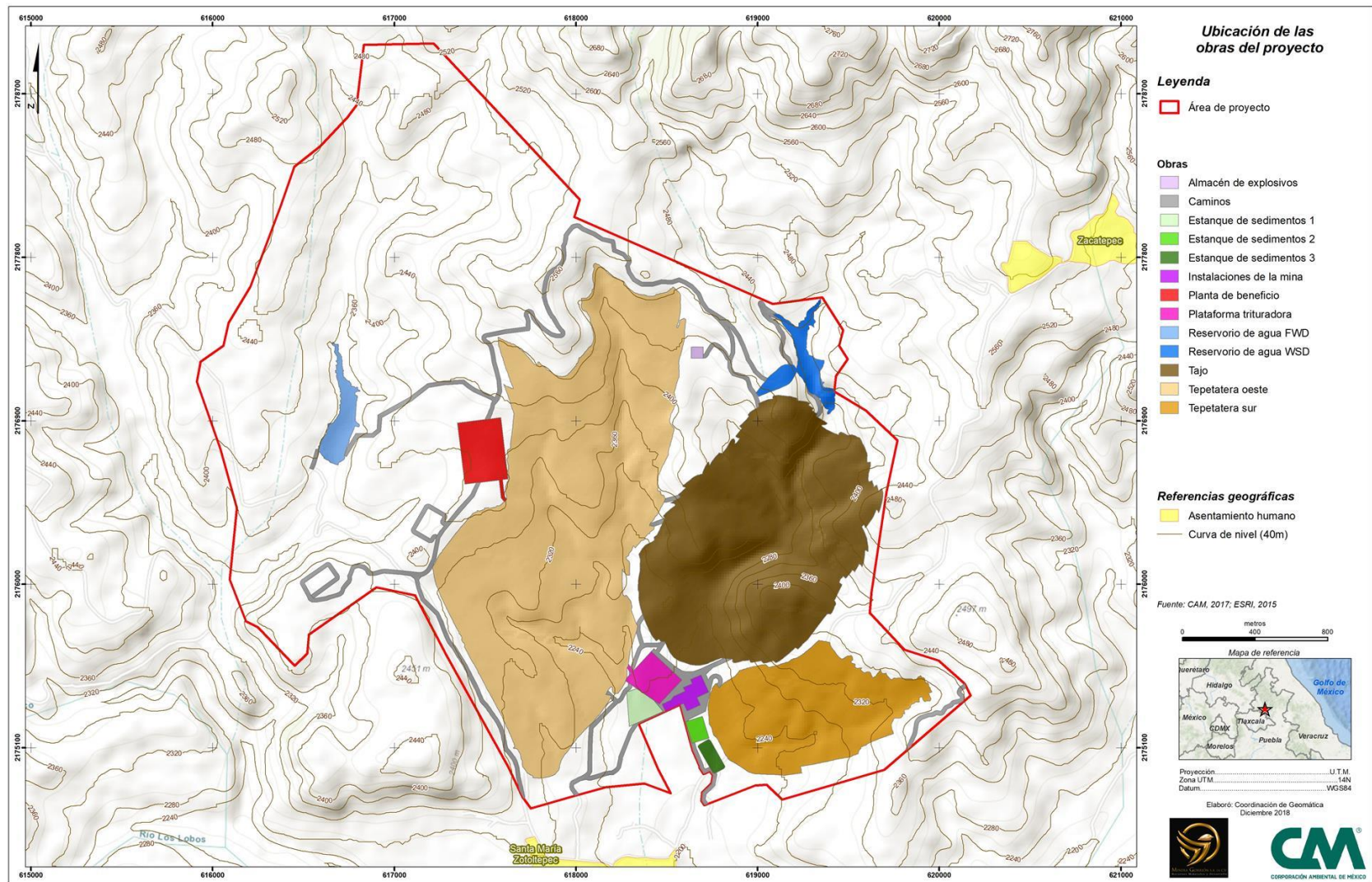
ID	Obra	Superficie		% respecto AP
		m <sup>2</sup>	ha	
1	Estanquede sedimentos 1	24 281.07	2.43	0.23
2	Estanque de sedimentos 2	12 029.6	1.20	0.12
3	Estanque de sedimentos 3	13 779.1	1.38	0.13
4	Plataforma trituradora	46 435.16	4.64	0.44
5	Tepetatera sur	558 255.91	55.83	5.35
6	Tepetatera oeste	210 6379.11	210.64	20.18

ID	Obra	Superficie		% respecto AP
		m <sup>2</sup>	ha	
7	Tajo	1 336 778.09	133.68	12.80
8	Reservorio de agua WSD	73 804.1	7.38	0.71
9	Reservorio de agua FWD	58 248.27	5.82	0.56
10	Planta de beneficio	83 990.86	8.40	0.80
11	Almacén de explosivos	3 900	0.39	0.04
12	Instalaciones de la mina	22 132.97	2.21	0.21
13	Caminos	319 970.38	32.00	3.06
	<b>Subtotal de superficie requerida por instalaciones</b>	<b>4 659 984.62</b>	<b>466.00</b>	<b>44.64</b>
	<b>Superficie utilizada como espacios libres, para protección de las instalaciones y seguridad de los procesos.</b>	<b>5 780 215.38</b>	<b>578.02</b>	<b>55.36</b>
	<b>Área de Proyecto (AP)</b>	<b>10 440 200.00</b>	<b>1 044.02</b>	<b>100.00</b>



Mapa II.1. Ubicación general del proyecto Ixtaca





Mapa II.2: Obras o instalaciones requeridas para el proyecto Ixtaca.

### II.1.3.1. Reservorios de agua

Debido a que la disponibilidad del agua en la zona es un tema crítico, se ha puesto especial atención a la evaluación de contar con infraestructura para la captación, administración y suministro del recurso, para lo cual se ha elaborado un modelo de balance hídrico diario desarrollado por SKR Consulting (U.S.), Inc. (SRK) en el año 2018 correspondiente al AP con el fin de formular un Plan de manejo de agua para el Proyecto, el cual tiene como objetivos principales los siguientes: (i) la optimización del uso de agua; (ii) retorno del agua que ha estado en contacto con los jales filtrados hacia la planta (iii) maximizar (en la planta de procesamiento) el uso del agua del tajo proveniente de flujos de agua subterránea y agua de lluvia; (iv) permitir la descarga del agua del tajo solamente durante eventos de altos flujos; (v) maximizar el uso de la escorrentía de agua pluvial como fuente de suministro de agua fresca para la planta de proceso y (vi) asegurar el flujo de agua para la comunidad ubicada aguas abajo del proyecto minero. Este último objetivo será alcanzado a través de la operación de una presa de almacenamiento de agua (WSD), cuya función será la de prevenir que existan captaciones al interior del Tajo abierto de la mina.

El modelo de balance hídrico preparado por SRK incorpora los objetivos anteriores y fue utilizado para cuantificar el agua disponible y requerida para su uso en la mina.

Los elementos clave en el balance hídrico son la WSD, la presa de agua fresca (FWD), el Tajo, los jales filtrados y las tepetateras (RSF), mientras que las consideraciones clave en la distribución del agua en el modelo incluyen:

- Aseguramiento de un suministro suficiente de agua para la operación de la planta de proceso.
- Las escorrentías provenientes de la planta de procesos y el área de las tepetateras que contiene los jales filtrados se recolectarán en un sumidero y será enviada nuevamente a la planta de procesos
- Se espera que bajo condiciones normales la presa de suministro de agua (WSD) proveerá un promedio de 2 000 m<sup>3</sup> y un mínimo de 500 m<sup>3</sup> de agua por día para uso de la comunidad.
- Los flujos de agua subterránea en el tajo y la escorrentía que se genere dentro del tajo por las lluvias serán las principales fuentes de agua para la planta de procesos. El agua será bombeada del tajo hacia una pileta y posteriormente enviada a la planta de procesos
- En caso de que esta fuente de suministro de agua fuera insuficiente para satisfacer los requerimientos de la planta de proceso, agua adicional será tomada de la FWD, y en caso de ser necesario, se complementará con el agua proveniente de la WSD
- Las escorrentías superficiales de las tepetateras se recolectarán a lo largo de la base de las instalaciones y serán enviadas a lagunas de sedimentación con el objetivo de que se depositen los sedimentos para posteriormente ser dirigida a drenajes naturales
- Una parte del agua de lluvia o del ingreso de agua subterránea al Tajo será utilizada para el control de polvos durante condiciones de sequía.
- En los años 1 a 12, la FWD será funcional y suministrará agua a la planta de proceso conforme sea requerido.

- A partir del año 5, cuando la tasa de producción se incremente hasta 15 300 toneladas diarias, el requerimiento de agua fresca disminuirá a 0.25 m<sup>3</sup> por tonelada.

Como resultados de la modelación del balance hídrico se tiene que:

1. Bajo el rango de condiciones climáticas esperadas, los requerimientos de agua de la planta de proceso pueden ser satisfechas a lo largo de la vida de la mina, utilizando primordialmente el agua proveniente de la escorrentía de las tepetateras, jales filtrados, tajo (flujos de agua subterránea y escorrentía dentro del tajo) FWD y WSD.
2. Bajo el rango de condiciones climáticas esperadas, el proceso de la mina proporciona un balance de “descarga cero” en lo que respecta al área de jales filtrados y la planta de procesos.
3. En el caso de condiciones secas, la liberación de agua fresca proveniente de la WSD puede ser reducida para proporcionar un volumen adicional a la planta de proceso.
4. En el caso de condiciones de sequía severa, la liberación de agua fresca hacia la comunidad aguas abajo aún podrá ser asegurada a un mínimo de 500 m<sup>3</sup> por día.
5. En el caso de condiciones húmedas, se anticipa la liberación de agua proveniente de las presas FWD, WSD y área de la mina hacia drenajes naturales

#### *II.1.3.2. Disposición Conjunta de Jales Filtrados y Tepetate*

El Proyecto Ixtaca no incluirá una presa de jales por separado. Los jales producidos por el proceso de flotación serán filtrados para alcanzar un contenido de humedad volumétrico de 15% a 20%. Los jales filtrados posteriormente serán depositados junto con el tepetate en la Tepetatera Oeste para de esta manera tener una instalación conjunta de jales secos y tepetate: Instalación Oeste de Almacenamiento Conjunto de Jales y Tepetate (Oeste T/RCSF). Esta área se presenta en la Tabla II.4 como tepetatera (disposición conjunta de jales)

#### *II.1.3.3. Almacén de suelo fértil*

El área que se destinará para el almacenamiento de la capa de suelo fértil, recuperada del desmonte y despalme, será definida dentro de los espacios libres y con una superficie congruente con el volumen de suelo estimado a remover, nunca rebasando los límites del AP, incluida su área de amortiguamiento envolvente. Se considera que este almacén podría estar dentro del área del vivero. Es importante señalar que esta superficie no necesitará ser intervenida para que funcione como almacén del suelo fértil.

#### *II.1.3.4. Proyectos asociados*

El Proyecto Ixtaca requerirá además de la adecuación de caminos de acceso al AP, de un nuevo camino que rodee a la población de Santa María Zotoltepec, para evitar el paso de vehículos pesados por la localidad, así como de un puente que cruce el río Apulco, para facilitar el abastecimiento de maquinaria a la instalación minera, además de una Línea de Transmisión de Energía (LTE) de 115 kV.

Dado el carácter jurisdiccional de las instancias encargadas tanto de la adecuación de caminos, como de la transmisión eléctrica, la presente Manifestación no incluye la solicitud de autorización de dichas obras. Sin embargo, ambas actividades se describen de manera general, para poder describir impactos acumulativos y sinérgicos del Proyecto.

Conforme a lo anterior, la Figura II.1 muestra los caminos existentes, pretendidos y aquellos que serán adecuados.

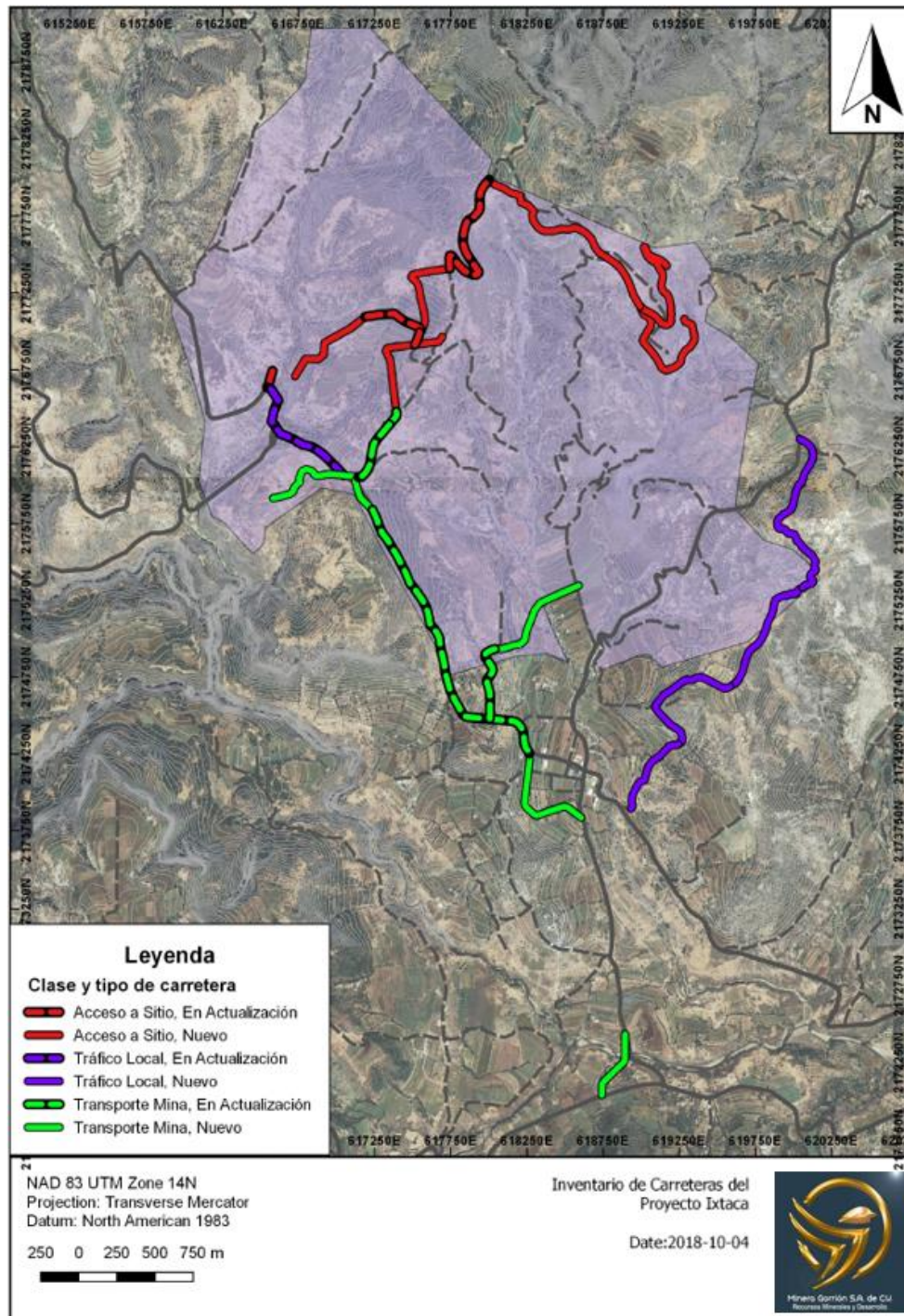


Figura II.1. Caminos existentes, así como aquellos que requieren adecuarse y nuevos, además del trazo pretendido de la LTE

## II.1.4. Uso de Suelo

En términos del uso del suelo y vegetación, las 1 044.02 ha del AP, de acuerdo a INEGI Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie V, se encuentran predominantemente ocupadas por vegetación secundaria arbórea de Bosque de Táscate (sABJ), el cual se encuentra suficientemente representado en el SAR (véase Tabla II.5).

*Tabla II.5. Proporción del tipo de vegetación del AP con respecto del SAR*

Categorías de uso del suelo y vegetación presentes conforme INEGI Serie V	Área de Proyecto		Sistema Ambiental Regional	
	ha	%	ha	%
Agricultura de temporal anual (TA)	191.54	18.35	2 674.59	<b>19.31</b>
Agricultura de temporal anual y permanente (TAP)	88.86	8.51	2 672.70	<b>19.29</b>
Bosque de táscate (BJ)	0.56	0.05	1 245.46	<b>8.99</b>
Bosque de pino (BP)	-	-	3 077.66	<b>22.22</b>
Bosque de pino-encino (BPQ)	-	-	430.61	<b>3.11</b>
Pastizal inducido (PI)	84.60	8.10	1 566.55	<b>11.31</b>
Vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate (sABJ)	678.46	64.99	2 034.41	<b>14.69</b>
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate (saBJ)	-	-	140.71	<b>1.02</b>
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino (sABP)	-	-	0.14	<b>0.00</b>
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino (saBPQ)	-	-	9.20	<b>0.07</b>
<b>Total</b>	<b>1 044.02</b>	<b>100.00</b>	<b>13 852.04</b>	<b>100</b>

El Proyecto requiere y solicita mediante la presente Manifestación, la autorización en materia de impacto ambiental por las obras y actividades, que se pretenden desarrollar en una superficie total de 1 044.02 ha, de las cuales 466 ha corresponden a las superficies que serán ocupadas por las obras específicas. En la Tabla II.6 se presentan las superficies por tipo de vegetación que ocupan las obras.

Dado el tipo de vegetación presente en el AP, que en su mayoría es vegetación secundaria arbórea de Bosque de Táscate se requerirá la autorización en materia de cambio de uso del suelo en terrenos forestales para esta superficie (~1 044.02 ha).

Tabla II.6: Superficie por tipo de vegetación ocupada por las obras dentro del AP

Obra	Superficie por tipo de vegetación (ha)										
	TA	TAP	BJ	BP	BPQ	PI	Vegetación Secundaria				TOTAL (obra)
							Arbórea BJ	Arbustiva BJ	Arbórea BP	Arbustiva BPQ	
Estanque de sedimentos 1		2.43									2.43
Estanque de sedimentos 2		1.2									1.2
Estanque de sedimentos 3		1.38									1.38
Plataforma trituradora		4.64									4.64
Tepetatera sur	24.31	6.77				24.75					55.83
Tepetatera oeste	23.67	19.66					167.31				210.64
Tajo	1.6	7.57				26.3	98.2				133.67
Reservorio de agua WSD		2.44					4.94				7.38
Reservorio de agua FWD	1.57						4.26				5.83
Planta de beneficio	3.3						5.1				8.4
Almacén de explosivos							0.39				0.39
Instalaciones de la mina		2.21									2.21
Caminos internos	7.29	7.83				1.24	15.64				32
Subtotal de superficie requerida por instalaciones	58.72	50.19	0.00	0.00	0.00	52.29	290.96	0.00	0.00	0.00	452.16
Superficie utilizada como espacios libres, para protección de las instalaciones y seguridad de los procesos	61.74	56.13	0	0	0	52.29	295.84	0	0	0	466
<b>TOTAL (AP)</b>	<b>191.54</b>	<b>88.84</b>	<b>0.56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>84.61</b>	<b>678.46</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1044.02</b>

## II.2. Inversión requerida

Con base en el Estudio de Factibilidad desarrollado por MMTS (2018), es posible señalar que los costos de capital inicial ascienden a 174.2 millones de dólares americanos (USD), mientras que los costos de operación alcanzan los 1 671 millones USD (ver Tabla II.7), equivalentes a **\$3 484 000 000.00 (tres mil cuatrocientos ochenta y cuatro millones de pesos 00/100 M.N.)** y **\$33 420 000 000.00 (treinta y tres mil cuatrocientos veinte millones de pesos 00/100 M.N.)**, para capital inicial y de operación, respectivamente, utilizando la tasa de cambio de \$20.00 (veinte pesos) por dólar, conforme al tipo de cambio en Diciembre del 2018.

Tabla II.7. Resumen de la inversión requerida

Descripción	Monto (millones de USD)	Monto (millones de MXN)
Costo de capital inicial		
Minado	21.3	426
Proceso	80.2	1 604
Manejo de Jales y Tepetate	0.9	18
Manejo de agua	10.6	212
Infraestructura dentro del predio	12.0	240
Infraestructura fuera del predio	7.5	150
Programas ambientales	1.8	36
Indirectos, Ingeniería, Adquisiciones y Control de construcción, Contingencias	39.9	798
Subtotal	<b>174.2</b>	<b>3 484</b>
Costos de operación (Excluyendo capital inicial)		
Costo de operación en efectivo	1 283	25 662
Costo de capital de mantenimiento	111	2 220
Compensación ambiental	50	1 000
ISR Mexicano	210	4 200
Refinación y transporte	17	340
Subtotal	<b>1 785.0</b>	<b>36 316.72</b>

### II.3. Características particulares del proyecto

En esta sección se muestra el programa de trabajo para la ejecución del Proyecto Ixtaca, su localización geográfica y se describen las obras y actividades a desarrollar, que a partir de la información contenida en el Estudio de Prefactibilidad desarrollado por MMTS (op. cit.), se han clasificado y agrupado dentro de cuatro etapas generales: (i) preparación del sitio; (ii) construcción; (iii) operación y mantenimiento, y; (iv) cierre y abandono.

#### II.3.1. Programa de trabajo

La Tabla II.8 muestra el cronograma planeado para el proyecto, cuya vida útil se estima en 14.5 años.

Tabla II.8. Cronograma del Proyecto Ixtaca.

Etapa	Año													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Preparación del sitio (0.5 año)														
Construcción (1 año)														
Operación y mantenimiento (11 años)														
Cierre y Abandono (1 año)														

#### II.3.2. Representación gráfica regional

A continuación, en el Mapa II.3 se presenta la ubicación geográfica del AP, de tal manera que pueda ser entendido el contexto en el que pretende desarrollarse.

#### II.3.1. Representación gráfica local

En la Figura II.2, se muestra el arreglo general de las instalaciones, considerando la huella final al término de la etapa de operación.



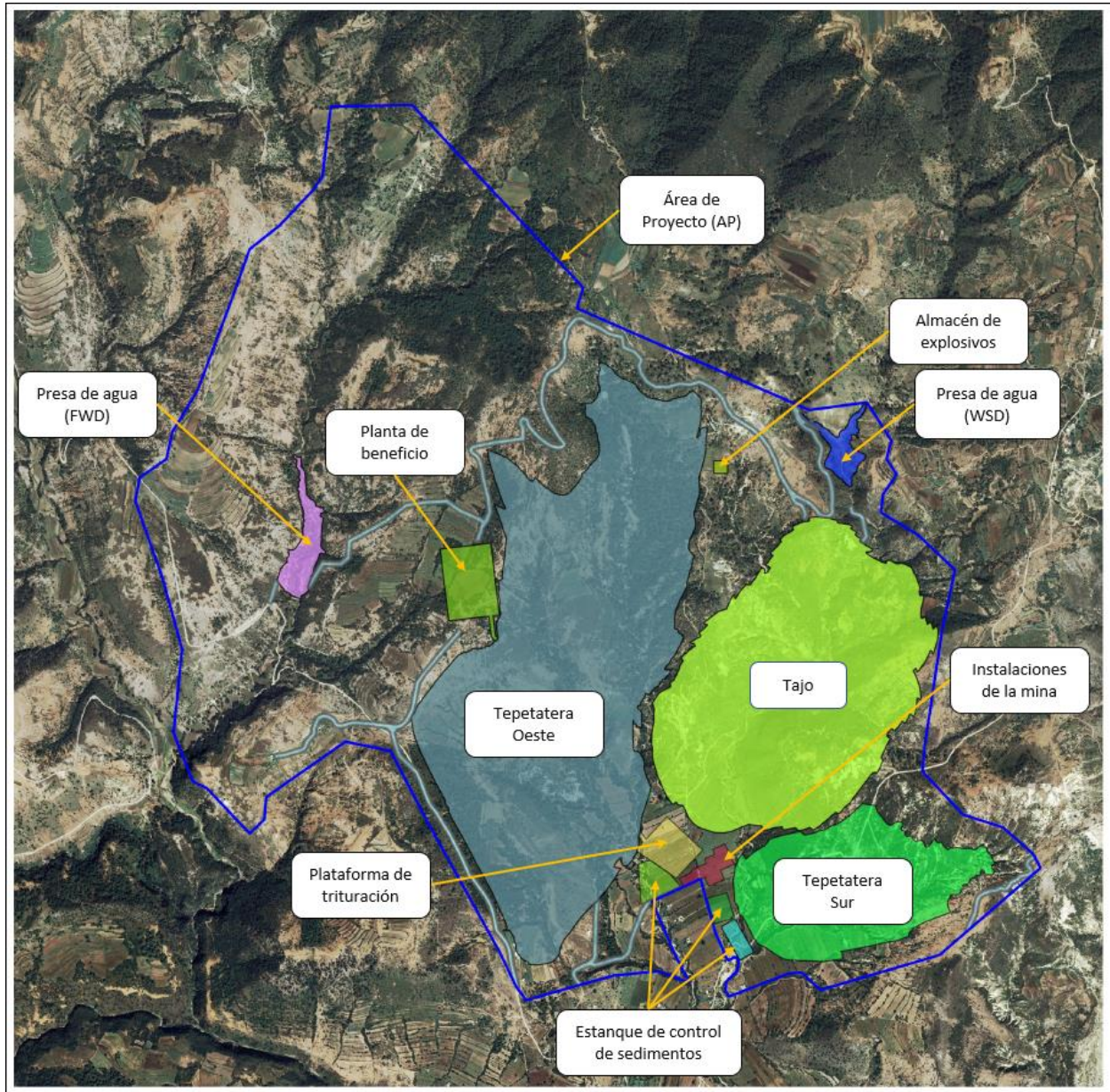
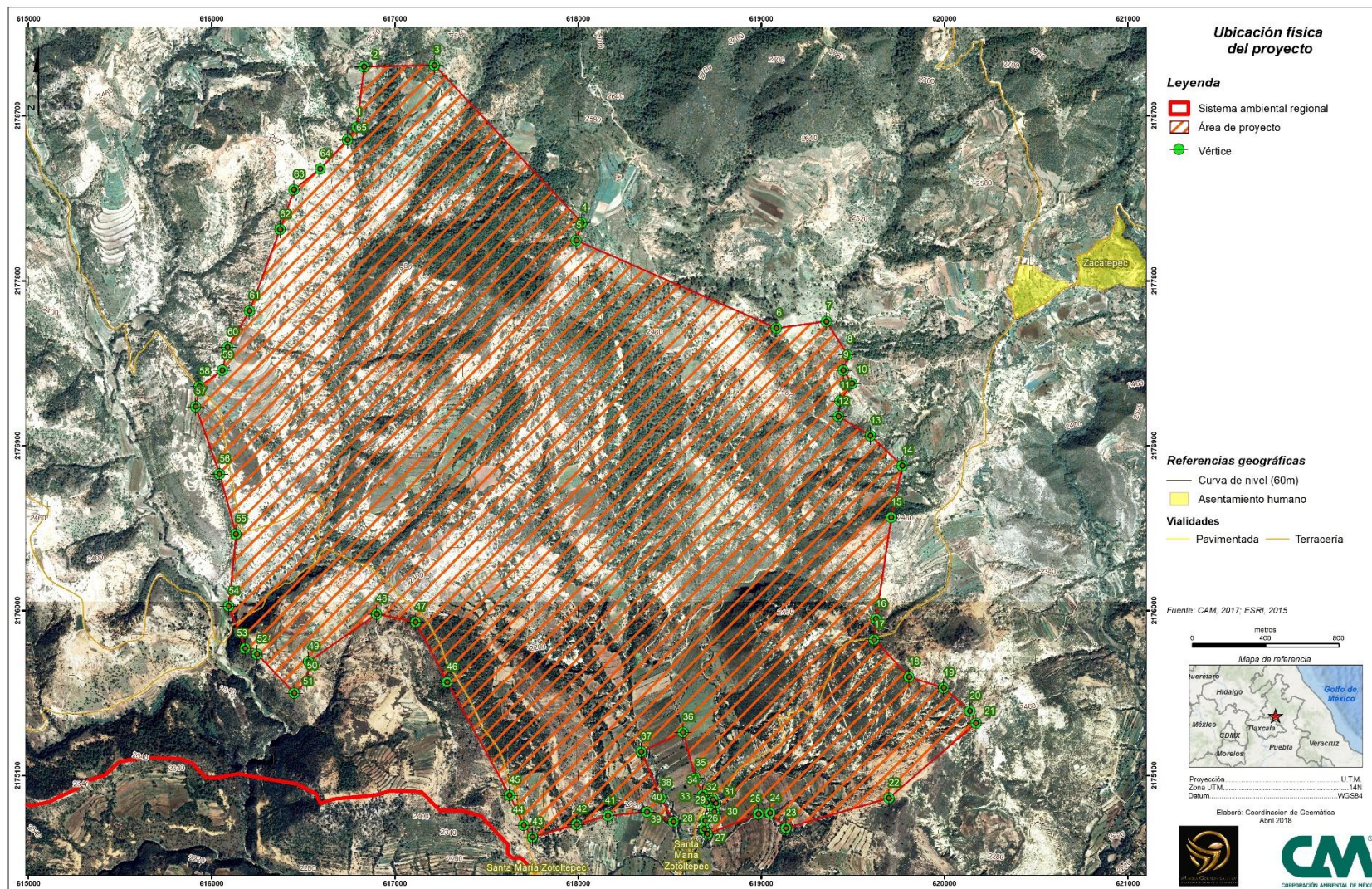


Figura II.2. Arreglo general de las instalaciones pretendidas, dentro del AP al término de la etapa de operación (huella final del proyecto).



Mapa II.3. Ubicación del Área de Proyecto (AP)

## **II.3.2. Preparación del Sitio**

### *II.3.2.1. Delimitación de áreas*

La actividad consiste en marcar en el terreno las áreas de trabajo indicadas en los planos de construcción, con la finalidad de facilitar la ejecución de los trabajos de identificación y rescate de especímenes de vegetación y fauna. Se considera que esta actividad no genera impactos, pues se encuentra limitada a ejecutar la señalización en superficie a cargo de brigadas de topógrafos. Esta delimitación de áreas considera el cercado mediante alambre de púas, con hilo inferior liso, para no restringir el ingreso de fauna silvestre. Únicamente las zonas que limitan a la planta de beneficio, Tajo, y caminos principales contarán con malla industrial.

### *II.3.2.2. Marcaje y rescate de flora y fauna*

El marcaje se realizará con cintas de color amarillo para los individuos que deben ser rescatados y con cintas de color azul para los individuos que deben respetarse en el caso de flora. Para el caso de las especies de fauna se tendrá una brigada que ahuyentará a las especies, realizará reubicación de nidos y rescatará a las especies de lento movimiento. Los programas de rescate y reubicación de especies se describen conceptualmente en el capítulo VII de la presente MIA-Reg.

### *II.3.2.3. Desmante*

Consiste en retirar de los sitios de obras, la vegetación que haya sido determinada para remover (árboles, arbustos, hierbas) y se efectuará mediante maquinaria pesada. El producto del desmante será sujeto a trituración y depositado junto al suelo fértil rescatado.

### *II.3.2.4. Rescate de suelo fértil (despalme)*

Se efectuará la recuperación del suelo fértil en los sitios con condiciones propicias, para después ser utilizado en la restauración de las diferentes obras mineras. Mediante medios mecánicos se retirará la capa superficial de 20 a 30 cm que representa la capa vegetal, amontonando en un extremo del frente de trabajo, para ser posteriormente cargado y transportado a las áreas de almacenamiento.

### *II.3.2.5. Rehabilitación y construcción de caminos*

Consiste en la rehabilitación con maquinaria, rellenando, aplanado o ampliando los caminos existentes y construyendo nuevos caminos para el acceso a todas las áreas. Se han contemplado un total de 22.1 km de caminos con un ancho variable de 4 hasta 8 m, lo que da una superficie de afectación de 32 ha.

### *II.3.2.6. Nivelaciones y compactación*

Actividades que consisten en rellenar las superficies del terreno con materiales adecuados, posteriormente se procederá a la compactación con equipos y maquinaria. Esta acción debe hacerse en capas y con la ayuda de un pisón. Se realiza el paso anterior hasta alcanzar el nivel deseado. Estas actividades se realizarán para las obras que componen el sistema de piletas,

área de trituración, almacén y talleres, entre otras. Para las actividades de relleno, se utilizará principalmente el material obtenido de excavaciones; en tanto que, de ser necesario material adicional, se recurrirá al inventario publicado por la Unidad General de Servicios Técnicos del Centro Puebla de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

### II.3.3. Construcción

La pre-operación del proyecto incluye las siguientes tareas que se desarrollarán en aproximadamente 1.5 años:

- Limpieza (desmonte y despalme) y arranque de áreas para caminos fuera del Tajo, caminos hacia tepetateras, ubicaciones de infraestructura, área de Tajo de la fase 1 y represas.
- Rescate y almacenamiento de la capa superior del suelo del Tajo, de tepetateras y de caminos.
- Construcción de caminos de circunvalación y caminos externos al Tajo.
- Minado hasta 2 298 m de elevación en la Fase 1 y 2 334 m de elevación en la Fase 2, en donde la roca se almacena en la tepetatera sur y el mineral se almacena cerca del área de la trituradora primaria.
- Construcción de plataforma de trituración primaria y banda transportadora a la planta de beneficio.
- Preparación de la cimentación de la instalación para disposición conjunta de jales filtrados y tepetate
- Construcción del contrafuerte perimetral inicial de la instalación destinada a la disposición conjunta de jales filtrados y tepetate.

#### II.3.3.1. Obras para la gestión del agua

La gestión del agua para el proyecto incluye una presa de agua (FWD) dentro de los límites superiores de la microcuenca para proporcionar agua fresca para el procesamiento. Se planea una FWD para la vida útil de la mina con una capacidad estimada de almacenamiento de aproximadamente 300 000 m<sup>3</sup>.

- *FWD*: se construirá antes de la puesta en marcha y funcionará por el resto de la vida útil de la mina.

La FWD estará alineada con terraplenes de roca para captar la escorrentía proveniente aguas arriba de la cuenca hidrográfica y contarán con una estación de bombeo y tubería para transferir el agua recolectada al sitio de la planta.

Adicionalmente, se requiere una presa de almacenamiento de agua pluvial (WSD) “aguas arriba” del Tajo para gestionar las escorrentías de tormentas, de manera que el agua no entre al Tajo. La WSD, ubicada aguas arriba del Tajo, consiste en un terraplén con una estación de bombeo flotante y una tubería para transferir agua a un punto de recolección en la planta. A partir de aquí,

el agua se transportará corriente abajo como una liberación regulada de agua fresca a la comunidad o se utilizará en el procesamiento, si fuera necesario.

La WSD está diseñada para almacenar hasta aproximadamente 1.8 Mm<sup>3</sup> de agua, y contará con un vertedero de emergencia (spillway) para permitir el sobrefujo de la presa durante tormentas extremas con el objetivo de prevenir fallas en el terraplén (embankment) y tener un adecuado manejo de agua. Las operaciones y el mantenimiento de la WSD serán responsabilidad del promovente durante la vida de la mina. Al terminar el proyecto la WSD se considera un activo para las comunidades cercanas, por lo que su operación y mantenimiento pasarán a ser responsabilidad de un tercero.

### II.3.3.2. Acondicionamiento de la Instalación para Disposición Conjunta de Jales Filtrados y Tepetate (Oeste T/RCSF)

El diseño de la Instalación Oeste de Almacenamiento Conjunto de Jales y Tepetate (Oeste T/RCSF) se basa en el estudio de factibilidad desarrollado por SRK y se fundamenta tanto en la Guía Para el Manejo de Jales publicada por la Asociación Minera de Canadá (2017) como en la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003

El Proyecto no incluye una presa de jales por separado. Los jales producidos por el proceso de flotación serán filtrados para alcanzar un contenido de humedad volumétrico de 15% a 20%. Posteriormente, los jales serán transportados de la planta a un punto central en la Instalación Oeste de Almacenamiento Conjunto de Jales y Tepetate (Oeste T/RCSF). A partir de este punto, los jales serán colocados, distribuidos y compactados en capas hasta alcanzar una densidad seca promedio de 1.8 t/m<sup>3</sup>. Debido al tamaño de la plataforma operativa planificada, los jales pueden ser transportados desde el área del apilador móvil (stacker) hasta los límites de la instalación en camiones de carga o por medio de bandas transportadoras. Aproximadamente 48 millones de toneladas de jales y 240 millones de toneladas de tepetate se almacenarán en Oeste T/RCSF. En caso de que se requiera capacidad adicional, los jales y el tepetate podrían también colocarse en una instalación separada de disposición conjunta que podría ubicarse en el valle al oeste de la planta de procesos.

Durante el periodo de pre-operación, la zona de disposición conjunta de jales y tepetate se preparará dentro de la huella de Oeste T/RCSF. Dentro de las actividades de preparación se incluye la limpieza, remoción y almacenamiento de materiales de la capa superior del suelo (capa orgánica/vegetal), para su uso posterior en la rehabilitación. La capa vegetal se almacenará en lugares designados al sur del Tajo. Una vez que se haya completado la remoción de la capa superior del suelo, se procederá a la remoción de materiales no adecuados para la cimentación, tales como aluvión, suelos coluviales, depósitos de toba no consolidada. Esta eliminación de material se llevará a cabo dentro de los primeros 5 m a 10 m. En caso de ser requeridos, en la parte inferior del pie de Oeste T/RCSF se podrían llevar a cabo excavaciones en dentellón con dimensiones mínimas de 5 m por debajo de la superficie y hasta de 50 m de ancho para propósitos de estabilidad en las secciones críticas

Tabla II.9. Bases de diseño del Oeste T/RCSF

Componente	Criterios de Diseño
Función	Almacenamiento seguro de larga vida para 48 millones de toneladas de jales y 240 millones de toneladas de tepetate
Criterios operacionales	Estimado de generación de jales: 5 300 t/d (Año 1); 6 600 t/d (Año 2 a 4); 13 300 t/d (Año 5 a 11); 9 700 t/d (año 12)

Componente	Criterios de Diseño
	Compactación de los jales a una densidad seca promedio de 1.8 t/m <sup>3</sup> .
	Manejo de inundaciones: La precipitación será eliminada de la instalación y se manejará en el estanque de recolección del tajo y será utilizada en la planta de procesos
Filtración	Las infiltraciones de los jales serán limitadas debido al bajo contenido de humedad de los mismos (contenido de humedad volumétrico de 15% a 20%).
	La parte superior de los jales tendrá una pendiente mínima de 5% para eliminar la precipitación y prevenir la infiltración. El agua de lluvia será recolectada y transferida a través de una tubería al estanque de recolección del tajo. No se almacenará agua en la instalación de disposición conjunta de jales filtrados y tepetate
	Se instalarán pozos de monitoreo aguas abajo con el propósito de monitorear posibles impactos al agua subterránea.
Criterio de diseño sísmico	Sismo de Diseño (EDGM) = MCE (probabilidad de evento de 1 en 10 000 años) Pico de aceleración del terreno (PGA) = 0.4 g Magnitud de diseño = 8.0
Estabilidad de la instalación	Los terraplenes deberán de contar, al menos, con los Factores mínimos de Seguridad (FOSmin) requeridos para las siguientes condiciones de carga: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fin de la construcción: 1.5</li> <li>• Estática a largo plazo: 1.5</li> <li>• Sísmico:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pseudo-estático: 1.0 y un análisis de deformación muestra deformaciones aceptables (menos de 0.5 a 1 m) calculadas para kyield a niveles postulados de agitación</li> </ul> </li> <li>• Post-terremoto: 1.2</li> </ul>
Instrumentación del terraplén	Instalación de instrumentación para para lograr lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Confirmar que la instalación de disposición conjunta (co-disposición) está funcionando de acuerdo con el diseño.</li> <li>• Proporcionar una advertencia temprana del desarrollo de cambios potencialmente adversos.</li> </ul>
	La instrumentación propuesta para los terraplenes incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicador de nivel del espejo de agua en los estanques de recolección</li> <li>• Testigos de movimiento de superficie</li> <li>• Piezómetros de alambre vibratorio para zonas en que se coloquen los jales y cimentación</li> </ul>
Criterio de Cierre	La instalación será re-nivelada para facilitar la colocación de una cubierta y asegurar su estabilidad a largo plazo
	La piedra caliza se colocará de tal manera que se forme una estructura monticular que permita el flujo adecuado de agua (forma convexa). Las áreas planas tendrán una pendiente de 2% para asegurar un drenaje adecuado durante eventos de precipitación.
	La piedra caliza colocada en la playa será cubierta con medio de crecimiento y revegetada.

### II.3.3.3. Infraestructura de beneficio y de servicios

La actividad consistirá en la instalación de infraestructura en la que se realizará el procesamiento del mineral. Dentro de la planta de beneficio, se incluye el área para la instalación de las trituradoras primaria, secundaria y terciaria, los laboratorios metalúrgicos, químicos y de ensayo. También se incluyen la construcción y/o instalación de edificios, oficinas móviles y consultorio, taller de mantenimiento, polvorines, almacenes de residuos peligrosos, área de tanques para almacenamiento de diésel, estacionamientos, entre otros elementos de servicios auxiliares localizados dentro del AP.

Se considera también la instalación de una planta potabilizadora de agua (POT) y una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ambas para el servicio de los trabajadores al interior de la planta de beneficio y albergadas al interior del edificio. Los efluentes de la POT y la PTAR serán recirculados al proceso, dirigiéndolos a la unidad espesadora de jales, de manera que se mantendrá todo el proceso de beneficio como un circuito cerrado, eliminando toda descarga de agua residual industrial o sanitaria fuera del edificio de la planta de beneficio.

Las especificaciones de los polvorines cumplirán con las especificaciones necesarias para obtener la autorización por parte de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA).

#### *II.3.3.4. Obras asociadas*

El Proyecto Ixtaca requerirá del aprovechamiento de obras asociadas con carácter de servicios públicos, cuyo diseño y ejecución, así como la obtención de los permisos ambientales requeridos son legalmente responsabilidad de terceros como son la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y el Gobierno del Estado de Puebla, entidades con capacidad jurisdiccional para diseñar, planear y ejecutar dichas obras. Estas obras son:

- La construcción de una desviación para evitar el paso de tránsito pesado por la población de Santa María, además de un nuevo puente que cruce al Río Apulco, obras diseñadas para el tránsito en dos sentidos.
- Instalación de una línea de transmisión eléctrica para suministrar de energía eléctrica al Proyecto.

Por lo anterior, tanto la desviación y puente como la instalación de la línea de transmisión eléctrica, no forman parte de las obras y actividades atribuibles directamente al proyecto y, por lo tanto, no son sujetas de autorización bajo la solicitud realizada mediante la presente MIA Regional. No obstante, estas obras son descritas y consideradas en la MIA Regional de manera que puedan consideradas dentro de la evaluación de los impactos potenciales del proyecto con carácter acumulativo.

### **II.3.4. Operación y mantenimiento**

#### *II.3.4.1. Desarrollo del Tajo y mina*

Se considera inicialmente el descapote pre-operativo de la mina y la formación de las tepetateras, como parte de la preparación de la mina previo a la etapa de operación. Posteriormente, el desarrollo del Tajo y tepetateras se realizará a lo largo de toda la operación del Proyecto.

El descapote del Tajo tiene como objetivo extraer el material rocoso estéril que cubre al cuerpo mineralizado. Para realizarlo, se requiere fragmentar la roca con el uso de explosivos, una vez hecho esto, se lleva a cabo su extracción y su acarreo por medio de camiones de mina, a la zona de tepetateras.

Algunas de las características del diseño del tajo se mencionan a continuación:

- En el año 10 el área 2D del tajo es de 133.7 hectáreas
- La longitud (NE-SO) es de ~ 1 600 m; el ancho (NO-SE) es de ~1 350 m
- Elevación máxima: en la pared norte del tajo es de 2 454 m
- Elevación mínima: en la pared sur (elevación del vertedero) es de 2 228 m
- Elevación mínima del fondo del tajo es de 1 962 m, por lo tanto, la profundidad del tajo va de ~265 m en la parte sur a ~490 m en la parte norte

En la Figura II.3 se puede observar la configuración final del tajo en 2D.

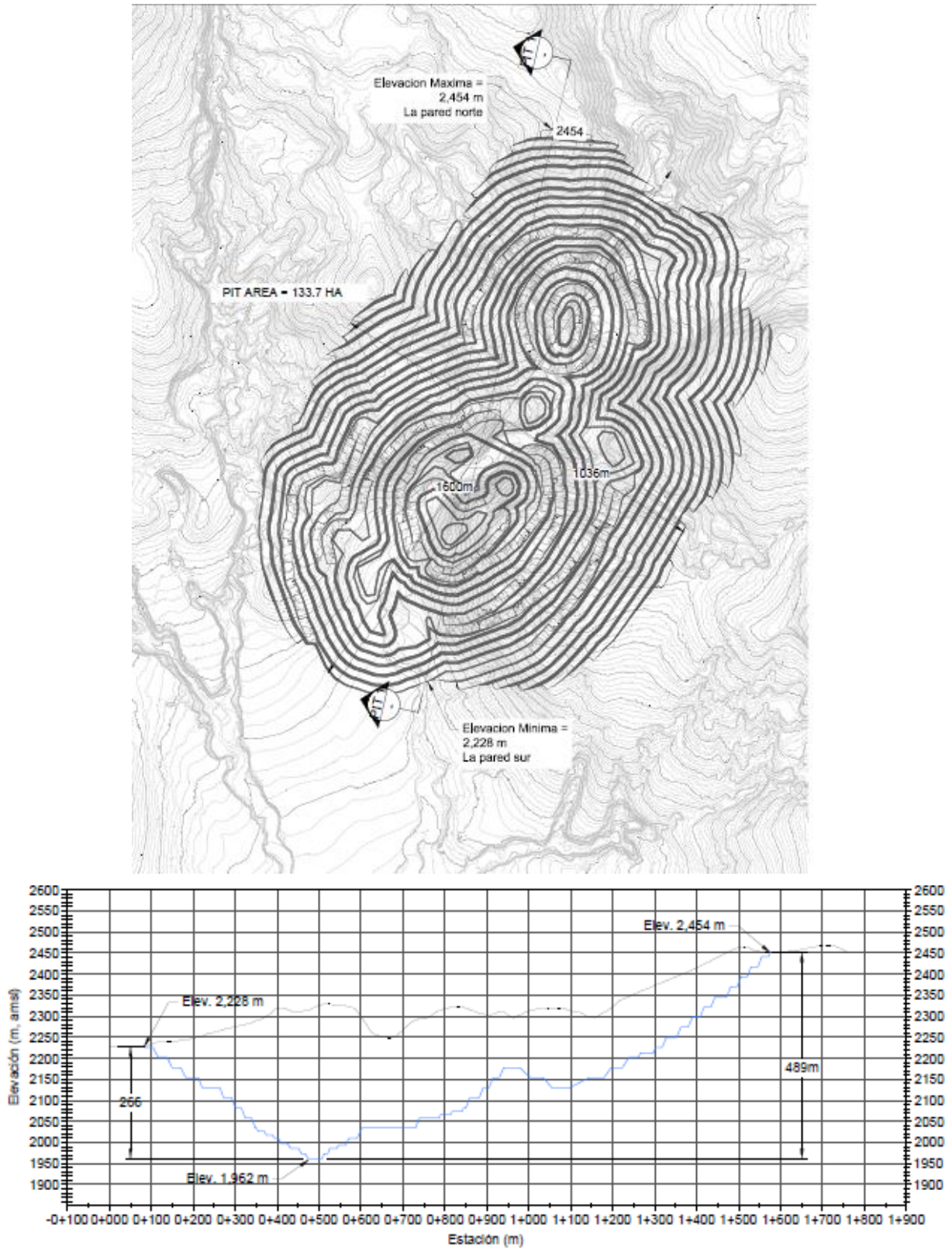


Figura II.3. Diseño y secciones de tajo



Respecto a Las operaciones de la mina están planificadas para ser las típicas de operaciones similares a Tajo abierto, a pequeña escala. El límite del Tajo se determinó con base en el algoritmo de Lerchs Grossman (LG), el cual considera las leyes y los tonelajes por bloque en un modelo 3D. El desarrollo del Tajo comprende las siguientes actividades:

#### II.3.4.1.1. Perforación para control de niveles

Los parámetros geotécnicos fueron desarrollados por SRK Consulting (SRK) y establecen los ángulos de frente de banco, anchuras de berma y ángulos de pendiente entre rampas para diferentes acimutes y tipos de roca, dentro del Tajo potencial (Tabla II.10). Con base en el modelo desarrollado, se estima que al final de la vida útil, el Tajo alcance los 400 m de profundidad, en su zona más profunda.

Tabla II.10. Bases de diseño del Tajo

<b>Ángulos de frente de banco</b>					
Azimuth al inicio	000	070	075	110	115
Azimuth al término	070	075	110	115	360
Roca volcánica	70°	70°	70°	70°	70°
Caliza/Lutita	72°	72°	72°	72°	72°
<b>Ángulos entre bancos</b>					
Azimuth al inicio	000	040	100		
Azimuth al término	040	100	360		
Roca volcánica	43°	43°	43°		
Caliza/	48°	48°	48°		
Lutita	48°	45°	48°		

En su estudio de factibilidad de diseño de pendiente del Tajo, SRK recomendó implementar un monitoreo geotécnico proactivo, para todas las etapas del desarrollo del Tajo. Dicho programa de monitoreo debe implementarse con un enfoque por etapas e incluir detalles geotécnicos y de tensión, así como mapeo de grietas, una combinación adecuada de monitoreo de desplazamiento de superficie (prismas de superficie y extensómetros de alambre) y piezómetros. Todas las filtraciones y muelles deben ser inspeccionados, mapeados y fotografiados. Las estructuras de gran escala deben ser caracterizadas y monitoreadas, ya que tienen el potencial para convertirse en grietas de tensión.

#### II.3.4.1.2. Perforación de producción

El mineral y la roca estéril en Ixtaca requerirán perforación y voladura. El material volcánico es generalmente más suave que el material de piedra caliza y pizarra y tendrá una mayor tasa de penetración de perforación. La perforación de producción se llevará a cabo con perforadoras rotativas hidráulicas alimentadas con Diesel de 273 mm (10 ¾ "). Las tasas de penetración efectivas estimadas van desde 31 m/h (piedra caliza y lutita) hasta 45 m / h (volcánicas).

El cronograma de producción de la mina a cielo abierto se basa en los siguientes parámetros:

- Un año de preproducción y pre-extracción
- Extracción para alimentar a planta de beneficio de 7 650 t/d para el período del año 1 al 4, aumentando hasta 15 300 t/d desde el año 5 en adelante.

- Máximo de 12 bancos extraídos de una sola fase en un año (1 banco por mes).
- Máximo de 3 bancos parciales extraídos en un solo período.
- Almacenamiento de mineral extraído en exceso, que supere la capacidad de procesamiento en la planta de beneficio.

El equipo de minado considerado se presenta en la siguiente Tabla II.11.

Tabla II.11. Equipo de minado requerido conforme a periodos clave

Etapa / Equipos	Año			
	-1	5	8	10
<b>Perforación</b>				
Perforadora Primaria – 270 mm	1	3	2	1
<b>Carga</b>				
Pala Hidráulica 12 m <sup>3</sup>	3	7	7	2
<b>Acarreo</b>				
Camión de acarreo payload de 91 t	4	38	24	5

#### II.3.4.1.3. Voladuras

Se planea que las actividades de voladura sean desarrolladas por un contratista, por lo cual no se cuenta en esta fase, con un diseño de voladuras. Sin menoscabo de lo anterior, KP estimó un factor de polvo de 0.16 kg / tonelada para material volcánico y 0.21 kg / tonelada para material de piedra caliza y lutita, según los resultados de un estudio de voladura realizado por MMTS en 2015.

Sin menoscabo de lo anterior, el Estudio de Pre-factibilidad, indica que las voladuras de producción se realizarán con una mezcla de Nitrato de amonio y diesel (ANFO) siempre que sea posible o emulsión si los agujeros están demasiado húmedos (durante la temporada de lluvias o en el fondo del Tajo).

Se estima que se realizará una voladura diaria, la cual debe ser de tipo “controlada”, conforme a las recomendaciones de KP en su estudio de prefactibilidad del diseño de pendientes del Tajo.

#### II.3.4.1.4. Carga de material

El plan de producción de la mina requiere un máximo de cinco cargadores frontales con cucharón de 12 m<sup>3</sup>, que están dimensionadas para abastecer a camiones de acarreo con capacidad de carga útil de 90 toneladas. Los cargadores frontales están especificados para manejar la excavación a granel del Tajo, incluidas todas las zonas mineralizadas y con tepetate. Las excavadoras elegidas pueden trabajar tanto en una configuración de banco dividido de 6 m, para una mayor selectividad de mineral, así como operaciones de banco de 12 m.

#### II.3.4.1.5. Acarreo

El transporte de mineral y roca estéril se manejará con camiones de carga de 90 toneladas. Algunos de los camiones de acarreo estarán equipados con tablas laterales, para permitir la capacidad de peso total al transportar material volcánico, ya que la densidad de este material es baja. Los perfiles de acarreo se estiman desde cada centroide del banco, hasta cada ubicación de vertido potencial.

#### II.3.4.1.6. Servicios del Tajo

Los servicios dentro del Tajo incluyen:

- *Mantenimiento del camino de acarreo:* El clasificador se usa para mantener las rutas para los camiones de acarreo y otros equipos dentro del Tajo, así como en todas las rutas hacia la tepetatera y la trituradora primaria. El clasificador asegura que los caminos de acarreo estén libres de escombros y que se ajusten a los parámetros de diseño de las rutas para corte transversal y pendiente.
- *Mantenimiento de caminos del Tajo y rampas:* camiones cisterna (pipas) de agua, serán utilizadas para rociar el ancho de los caminos de acarreo y controlar el polvo. El camión cisterna también rociará las áreas activas en el Tajo y las áreas tepetateras activas.
- *Mantenimiento de tepetateras:* Se incluyen hasta 3 topadoras de orugas (306kW) para manejar la roca que se descarga en las tepetateras. La excavadora empujará montones de tepetate sobre el borde del vertedero y también mantendrá las bermas, asegurando que el área de descarga esté limpia y libre de rocas grandes, que podrían dañar las llantas de los camiones.
- *Zanjado:* Es una excavación en superficie con determinada dirección y anchura para localizar una veta y a la vez se utiliza para ejecutar el respectivo muestreo.
- *Drenado:* El agua se recogerá en bancos activos y se dirigirá a sumideros en el Tajo, donde se puede bombear desde el fondo. Los pisos de los bancos se pueden inclinar levemente para facilitar el drenaje del agua lejos de los frentes de trabajo. Toda el agua superficial y la precipitación que capte el Tajo, serán manejadas por bombas sumergibles.
- Transporte de personal y suministros operativos.

#### II.3.4.1.7. Taller de Mantenimiento

El Proyecto contará con un taller de mantenimiento, el cual se pretende construir cerca del límite del Tajo, en función de que el equipo principal al que servirán serán los camiones de acarreo de mineral. Estará integrado por: (i) un área para mantenimiento preventivo y correctivo; (ii) almacén temporal de residuos peligrosos como aceites gastados, estopas impregnadas con aceite, etc., que será construido de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos y su Reglamento; (iii) sistema de fosas de colección y separación de aceite y agua, así como de separadores de sólidos; (iv) área de lavado para vehículos ligeros y pesados, (v) almacén de insumos y herramientas y; (vi) estacionamiento de vehículos y equipo pesado.

Las actividades de mantenimiento de los vehículos de mina, generalmente se realizarán en la instalación de mantenimiento ubicada justo al sur de la trituradora primaria, cerca del borde del Tajo. Las actividades de mantenimiento serán responsabilidad de un contratista.

El mantenimiento previsto del equipo de minería incluirá el mantenimiento y las reparaciones de campo, los mantenimientos programados regulares, los cambios de componentes, así como el

cambio de combustible, lubricante y neumáticos de campo. El abastecimiento de combustible, lubricación y mantenimiento en el Tajo será mediante camión de servicio móvil.

#### II.3.4.2. Conformación de Tepetateras e Instalación Para Disposición Conjunta de Jales Filtrados y Tepetate

El Proyecto Ixtaca incluirá una instalación conjunta de jales filtrados y tepetate (Oeste T/RCSF) que se utilizará para disponer conjuntamente tepetate y jales filtrados y dos instalaciones que solamente almacenarán tepetate (tepetatera sur y tepetatera de relleno-ubicada dentro del tajo), tal como se muestra en la Figura II.3. En caso de que se requiera capacidad adicional, los jales y el tepetate podrían también colocarse en una instalación separada de disposición conjunta que podría ubicarse en el valle al oeste de la planta de procesos.

El material rocoso estéril generado por el descapote, y posteriormente durante la operación, será transportado a la zona de tepetateras aledañas al futuro Tajo para su depósito. Los jales generados del proceso serán filtrados para reducir el contenido de agua a un 20% (por peso). El material es distribuido conforme a la topografía original del terreno, sobre áreas con suelos recuperados y distribuido para formar bancos horizontales.

La caracterización geoquímica preliminar que se realizó en el 2015 para el estudio de prefactibilidad indica un bajo potencial de generación de ácido. Actualmente, se está llevando a cabo un programa de caracterización geoquímica más detallado para confirmar los resultados del estudio de prefactibilidad. Conforme con la información disponible, se han considerado dos tepetateras (una de las cuales servirá como instalación de disposición conjunta) cuya superficie suma 266.47 ha.

La caracterización geoquímica de los materiales del sitio ha confirmado que la roca estéril no producirá drenaje ácido, debido a que el mineral se encuentra asociado con caliza y a que el tepetate cuenta con propiedades neutralizantes, por lo que no se requiere segregación de roca estéril.

Las tepetateras estarán ubicadas alrededor del Tajo para mantener las distancias de acarreo al mínimo (ver Figura II.4). La capacidad de almacenamiento de tepetateras, se muestra en la Tabla II.12.

Tabla II.12. Capacidad de almacenamiento de las tepetateras

Tepetatera	Capacidad en Mm <sup>3</sup>
Sur (South)	23.9
Oeste (West)	140.5
Tajo (Backfill)	71.8
Total	236.2

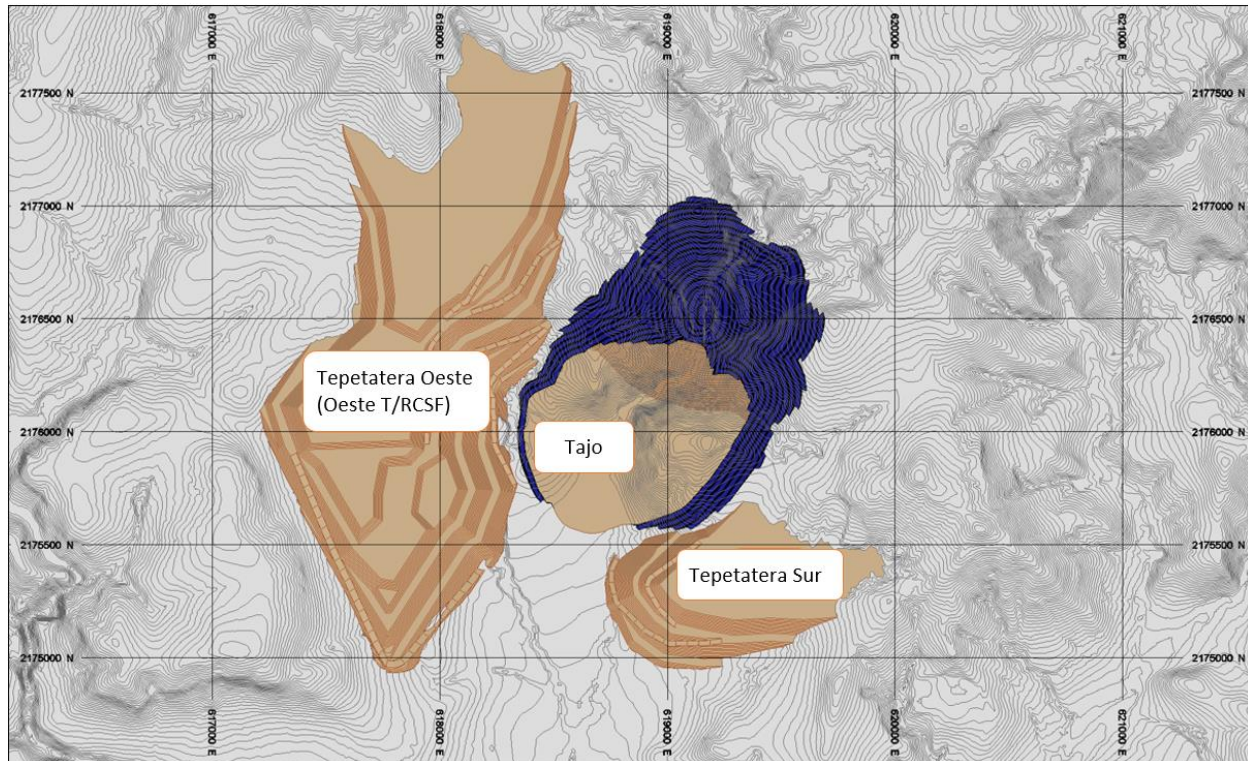


Figura II.4. Ubicación de tepetateras

Los siguientes datos se consideraron como criterios de diseño para Sur RSF:

- Altura máxima de elevación - 50 m
- Ángulo de la cara para cada levantamiento: 37 grados (ángulo de reposo)
- Ángulo de pendiente total máximo: 26.6 grados (2 H:1 V)
- Densidad por defecto in situ volcánica - 1.7 toneladas / BCM
- Densidad predeterminada in situ de piedra caliza / pizarra: 2.64 toneladas / BCM
- Factor de hinchamiento: 25%
- Grado máximo de la rampa: 10%
- "Concha" de piedra caliza en la cara exterior de RSF con un espesor mínimo de 100 m

El diseño para la instalación Oeste T/RCSF se basa en el estudio de factibilidad que actualmente está desarrollando SRK. El diseño se fundamenta tanto en la Guía Para el Manejo de Jales publicada por la Asociación Minera de Canadá (2017) como en la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003. Los siguientes datos se consideraron como criterios de diseño de la instalación:

- Ángulo de la cara para cada levantamiento: 26.6 grados (2H:1V)
- Ángulo de pendiente total máximo: entre 18 grados (3H:1V) y 26.6 grados (2H:1V)
- Densidad por defecto in situ volcánica - 1.7 toneladas / BCM
- Densidad predeterminada in situ de piedra caliza / pizarra: 2.64 toneladas / BCM

- Factor de hinchamiento: 25%
- Densidad promedio de los jales compactados:  $1.8 \text{ t/m}^3$
- Máximo contenido permisible de humedad en los jales: contenido de humedad volumétrico de 20%
- Altura máxima para compactación de jales: 0.3m
- Grado máximo de la rampa: 10%
- La construcción del contrafuerte perimetral de tepetate se presenta en las Figura II.5 y Figura II.6.

La instalación Oeste T/RCSF se expandirá de manera continua. El tepetate se colocará en la porción exterior de la instalación y se utilizará para construir contrafuertes perimetrales que serán utilizados para depositar los jales filtrados (Figura II.5 y Figura II.6). Los jales se colocarán por medio de una banda transportadora o camión de carga y posteriormente serán colocados, distribuidos y compactados en capas hasta alcanzar una densidad seca promedio de  $1.8 \text{ t/m}^3$

Cada capa compactada de jales en la plataforma operativa tendrá una pendiente mínima de 5% a 7% para dirigir el agua a los puntos de recolección. El agua de lluvia será dirigida a un punto de recolección temporal que será drenado o bombeado a través de una tubería al estanque recolector del tajo. Del estanque recolector del tajo, el agua de lluvia que ha estado en contacto con la superficie de los jales será utilizada en la planta de procesos

Los jales compactados se espera que alcancen una permeabilidad vertical del orden de  $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$  o menor, esto en base a pruebas de permeabilidad presentadas en el estudio de Prefactibilidad (KP, 2016). En conformidad con el contenido de humedad planificado, se esperan infiltraciones mínimas de la instalación Oeste T/RCSF. Durante el periodo de operaciones, las infiltraciones de la instalación serán capturadas por medio de sistemas de drenaje (underdrains) y drenajes en bancos (bench drains). Se colocarán pozos de monitoreo aguas abajo de las instalaciones para monitorear la calidad del agua.

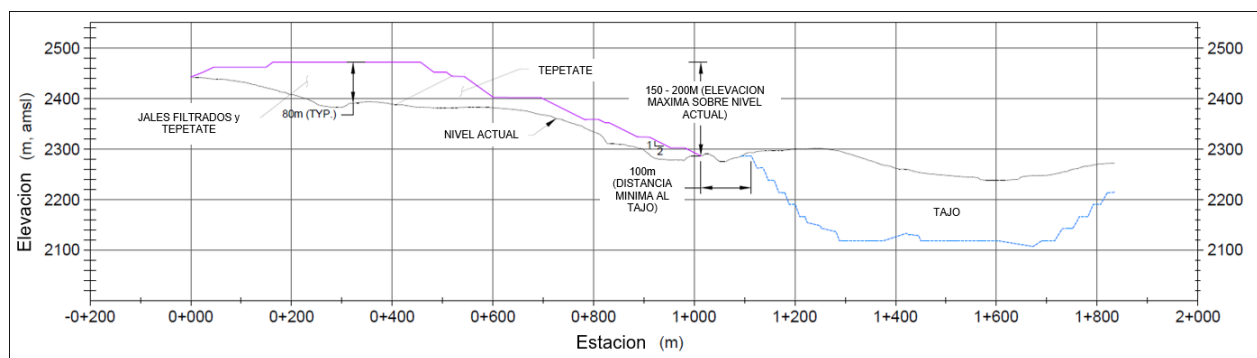


Figura II.5. Sección- Porción Norte de la Instalación de Disposición Conjunta de Jales y Tepetate (Oeste T/RSF)

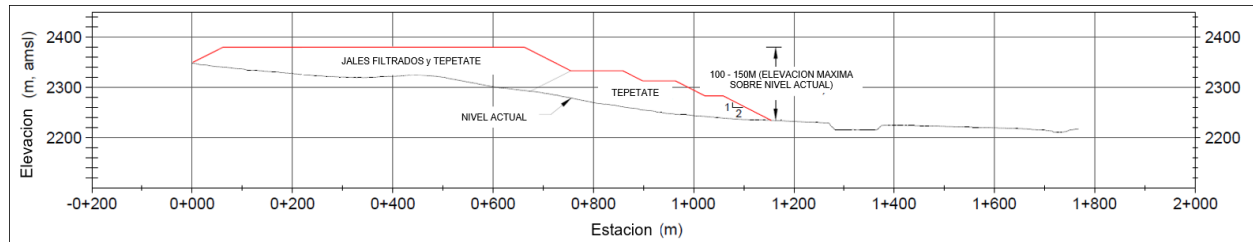


Figura II.6. Sección- Porción Sur de la Instalación de Disposición Conjunta de Jales y Tepetate (OesteT/RSF)

### II.3.4.3. Proceso de Beneficio del Mineral

Dentro de la planta de beneficio, se incluye el área para la instalación de las trituradoras primaria y secundaria, los laboratorios metalúrgicos, químicos y de ensayo. La clasificación del mineral se realizará en el área de la mina en la planta de trituración para quitar los residuos de roca y mejorar la ley del mineral antes de la molienda (Ore Sort).

El diseño base considera una capacidad nominal instalada para el molino de 7 650 t/d (12 122 tpd trituración primaria), que se ampliará a 15 300 t/d (24 245 tpd trituración primaria) en el año 5, produciendo barras de doré en el sitio.

La planta de proceso incluye los siguientes criterios clave de diseño:

- Trituración en tres etapas seguida de molienda a P80 pasando a 75 micras.
- La clasificación del mineral se realizará en el área de la mina en la planta de trituración para quitar los residuos de roca y mejorar la ley del mineral antes de la molienda (Ore Sort)
- Concentración de gravedad con lixiviación intensiva del concentrado.
- Flotación de las colas de concentración por gravedad.
- La lixiviación comienza con seis tanques CIL durante 24 horas. La lixiviación del oro se completa en los tanques CIL y se retira de los tanques en carbón cargado utilizando cribas de carbón. El carbón cargado se envía al circuito de desorción del carbón. La lixiviación de la plata se completa en cuatro tanques adicionales durante las 48 horas restantes de lixiviación. El producto final de lixiviación se envía a un circuito de Merrill-Crowe.
- Un circuito de elución para eliminar carbón cargado, extracción electrolítica y fundición para producir barras de doré de metales preciosos.
- Etapa de destrucción de cianuro.
- Los jales finales serán espesados y filtrados.
- El reflujo inferior del espesante se filtrará para producir una torta de filtro que será apilada y posteriormente se colocará en la tepetatera oeste.
- Las características clave de la planta de Rock Creek incluyen:
- Fue construida con buena calidad, principalmente equipos nuevos. El molino de bolas se compró de segunda mano y se renovó antes de la instalación.

- Se incluyen todas las instalaciones de procesamiento en el sitio, incluyendo los laboratorios metalúrgicos, químicos y de ensayo de fuego, y una serie de piezas de repuesto para el molino de bolas y trituradoras, cojinetes de molino de bolas, revestimientos y transmisión. Las estructuras existentes de Rock Creek no serán transportadas a México.
- La mayoría de la ingeniería requerida para el proceso de Ixtaca es completa, esto dará como resultado una reducción del tiempo de desarrollo de ingeniería y los tiempos de adquisición.
- Todo el equipo está disponible con sus sistemas y controles eléctricos asociados.

La Figura II.7 ilustra el diagrama de flujo general del proceso de beneficio del mineral para el Proyecto Ixtaca.



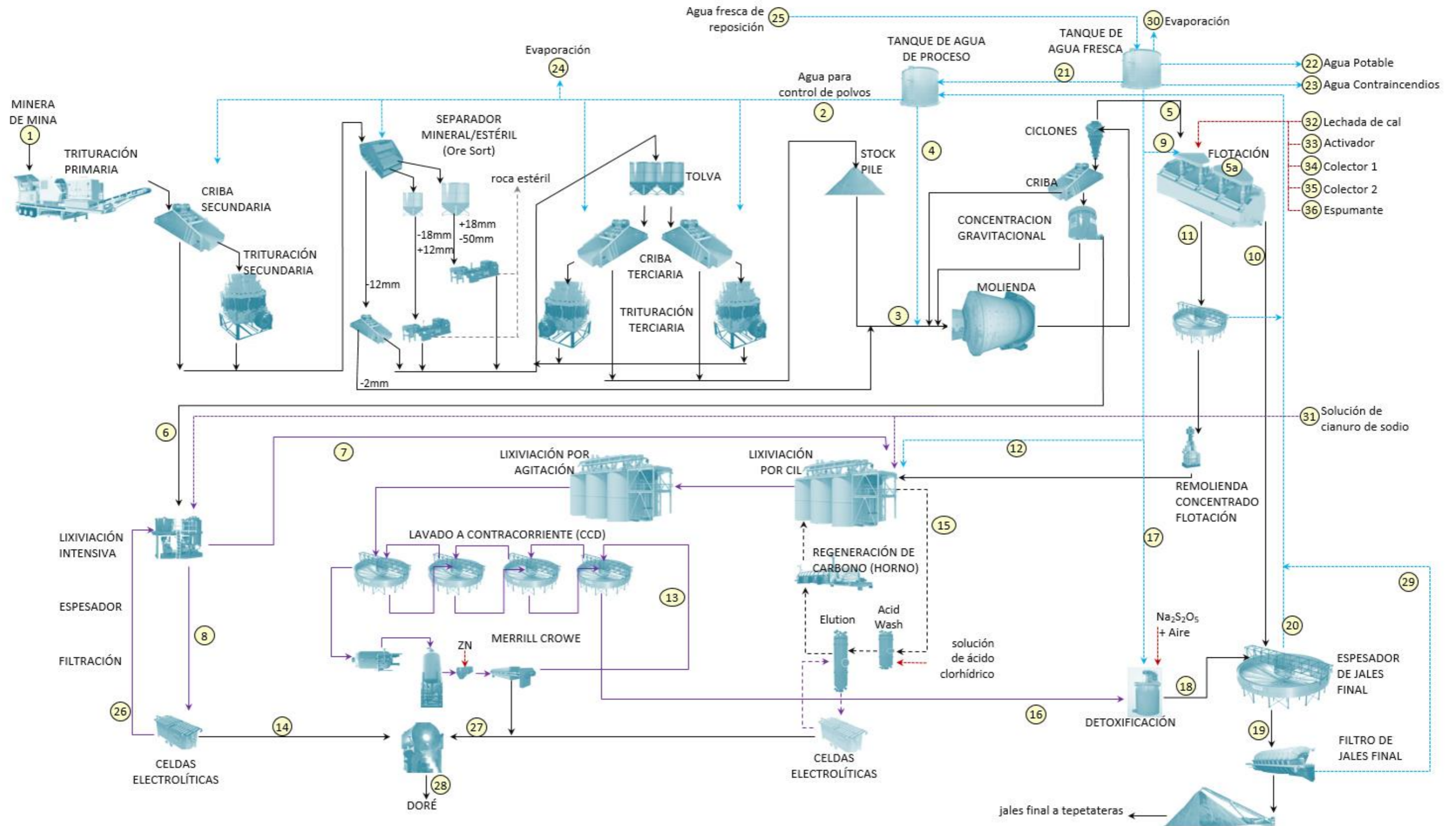


Figura II.7 Diagrama de flujo general que se realizará en la planta de beneficio del proyecto Ixtaca..

La trituración se llevará a cabo en tres etapas secuenciales: La trituración primaria usará una trituradora de quijadas en circuito abierto. La trituración secundaria operará en circuito abierto usando un triturador de conos y una criba vibratoria para pre-clasificar la alimentación. El producto de la trituradora secundaria se cribará para remover material fino. Aspersores de agua se utilizarán para limpiar los finos y el polvo. Las partículas de mayor tamaño se enviarán al separador de mineral para rechazar estériles por medio de rayos X. Las rocas estériles expulsadas se colocarán en una pila de almacenamiento (stockpile) para su transporte a los tepetateras. El mineral concentrado del separador de mineral junto a los finos se transportará a las trituradoras terciarias. La etapa terciaria operará en circuito cerrado utilizando dos estaciones idénticas, cada una con una trituradora de conos y una criba vibratoria para pre-clasificar su alimentación.

El concentrado gravitacional será lixiviado en un tanque de lixiviación con cianuración intensiva con capacidad para 12 horas de residencia. Primeramente, se adicionará una solución básica en forma de lechada de cal para mantener el pH entre 10.5 y 11.0, y posteriormente se adicionará la solución de cianuro de sodio para lixiviar el oro y plata. En el Capítulo V “Estudio de Riesgo Ambiental”, de la presente MIA Regional, se detalla la información de las sustancias involucradas y su manejo, incluyendo su almacenamiento.

En base a la masa del concentrado gravitacional, el consumo de cianuro de sodio se estima en 12 kg/t y la cal en 3 kg/t, o equivalente a 0.6 kg de cianuro por tonelada de mineral fresco y 0.015 kg de cal por tonelada de mineral fresco, respectivamente.

La lixiviación por agitación procesará los flujos de concentrado de flotación ya remolido y las colas de la etapa de lixiviación intensiva de concentrado gravitacional. El tiempo de residencia total de la lixiviación por agitación es de 72 horas. La lixiviación comienza con seis tanques CIL durante 24 horas. La lixiviación del oro se completa en los tanques CIL y se retira de los tanques en carbón cargado utilizando cribas de carbón. El carbón cargado se envía al circuito de desorción del carbón. La lixiviación de la plata se completa en cuatro tanques adicionales durante las 48 horas restantes de lixiviación. El producto final de lixiviación se envía a un circuito de Merrill-Crowe.

Para la opción de Merrill-Crowe, la solución que contiene plata y oro se separa de la lechada de lixiviación mediante decantación a contracorriente (CCD). Luego mediante el uso de un clarificador, se obtiene una solución muy clara. Luego se elimina el oxígeno pasando la solución a través de una columna de desaeración al vacío. Para precipitar el oro y la plata, se agrega polvo de zinc a la solución clarificada y desaerada. El precipitado después se filtra de la solución y los sólidos restantes se funden en una barra de aleación (barra de doré) de plata y oro.

Para el CIL, los carbones serán desorbidos, los metales contenidos en la solución de desorción serán electrodepositados en una celda electrolítica, y finalmente el cátodo de la celda electrolítica será fundido en una barra de metal doré.

La pulpa obtenida del *Lavado a Contra-Corriente (LCC)* será transferida a una batería de reactores de detoxificación, donde se eliminará cualquier contenido residual de cianuro. La batería de reactores estará constituida por dos tanques de agitación en serie, con una capacidad de 124 m<sup>3</sup> cada uno. La alimentación a esta batería de reactores será mediante *flujo continuo de:*

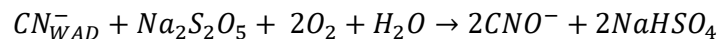
- 1) *Pulpa del Lavado a Conta-Corriente con un rango de 40 a 50% de sólidos*
- 2) *Solución de Metabisulfito de Sodio ( $Na_2S_2O_5$ )*
- 3) *Oxígeno enriquecido.*
- 4) *Lechada de cal para control del pH.*

La solución de Metabisulfito de Sodio utilizada tendrá una concentración del 20% en peso y será adicionada en la batería de reactores según sea necesario mediante un controlador analógico programable (PLC), el cual estará ubicado en el área de la batería de reactores para detoxificación y estará enlazado a un analizador de cianuro en línea. El analizador de cianuro en línea medirá el cianuro presente en la pulpa mediante el uso de dos sondas. Una sonda medirá el cianuro en la pulpa que ingresa al proceso de detoxificación y la segunda medirá la pulpa que sale del mismo.

El oxígeno enriquecido tendrá una concentración del 95% de oxígeno ( $O_2$ ), y será obtenido de un generador tipo “adsorción oscilante de presión” (Pressure Swing Adsorption).

La reacción de detoxificación consistirá en poner en contacto la pulpa del Lavado a Contra-Corriente con la solución de Metabisulfito de Sodio y el oxígeno enriquecido en la batería de reactores agitados, logrando una rápida y efectiva destrucción del cianuro (WAD).

La reacción se muestra a continuación:



La presencia de cobre en forma de ion cúprico ( $Cu^{2+}$ ) es necesaria debido a que funciona como catalizador. En los casos en que se encuentra ausente en los minerales se debe suministrar mediante la adición de Sulfato de Cobre ( $CuSO_4$ ), el cual se prepara al 10% en peso. La concentración requerida del ion cúprico ( $Cu^{2+}$ ) está en el rango de 20 a 50 mg/lit. Por lo anterior, será un parámetro a monitorear en el proceso y de ser necesario se deberá adicionar para que la reacción sea efectiva.

La pulpa producida en la etapa de detoxificación será transferida al espesador de relaves final. El espesador descargará los jales finales con aproximadamente 50% a 55% de sólidos en peso. El reflujo inferior del espesante se filtrará para producir una torta de filtro que será apilada y posteriormente colocada en la tepetatera oeste.

Derivado de la necesidad de contar con generadores de energía para emergencias, así como para la bomba contraincendios, se construirá un área impermeabilizada y dique de contención con capacidad del total del volumen almacenado más un 25%, donde se asentará un tanque para almacenar diésel, con capacidad de 367 m<sup>3</sup>.

#### II.3.4.4. Oficinas

Conviene señalar que no será requerida la instalación de un campamento para los trabajadores de la construcción, ya que estos serán transportados diariamente desde las comunidades vecinas y retornados a sus lugares de origen, al terminar la jornada diaria. En este sentido, se instalará tanto para la etapa de preparación del sitio como para la de construcción, oficinas móviles para los supervisores de obra. Adicionalmente, en esta etapa, se colocarán letrinas portátiles, cuya instalación, mantenimiento, desmontaje y retiro, correrá a cargo de contratistas de la región.

### **II.3.5. Cierre y Abandono de las instalaciones**

El objetivo general del cierre de la mina pretende dejar la instalación como una forma de relieve física y ambientalmente estable, con un paisaje y un hábitat coherentes con el uso del suelo adyacente que requerirá de un seguimiento y mantenimiento mínimos posteriores al cierre.

Las actividades de cierre y rehabilitación de mina se llevarán a cabo al mismo tiempo, durante los últimos años de las operaciones y principalmente al final de la etapa de minado. Las actividades de cierre y rehabilitación se ajustarán a las mejores prácticas internacionales aplicables al momento del cierre, por lo que se garantizará:

- Asegurar el bienestar de la población.
- Mitigar y prevenir los potenciales impactos ambientales.
- Asegurar la estabilidad física y química de las instalaciones.
- Restaurar los drenajes naturales.
- Lograr un uso productivo del terreno después del cierre.
- Promover los beneficios económicos a largo plazo para las comunidades locales.
- La escorrentía no afecte al agua superficial o subterránea.

#### *II.3.5.1. Tajo*

El cierre del Tajo estará enfocado en la seguridad de la población y consistirá principalmente en la construcción de una berma en los alrededores del mismo. La berma tiene el propósito de proporcionar una alerta visual de la presencia del Tajo. Se anticipa la formación de un lago en el Tajo.

Es importante señalar que aproximadamente al año 113 del cierre, el lago alcanza el nivel de la parte sur (2 230 m) donde se encontrará el vertedero, el agua que salga del tajo será direccionada a drenajes naturales para que siga su curso. Las paredes del tajo que van a estar en contacto con el agua son calcáreas (alto contenido de calcio). Debido a que estas paredes son calcáreas y de acuerdo al conjunto con los resultados de los estudios geoquímicos que se están realizando, no se prevé la formación de ARD.

#### *II.3.5.2. Tepetateras*

Las tepetateras serán re-niveladas con la intención de asegurar la estabilidad de los taludes a largo plazo, además serán cubiertas con 300 mm de suelo fértil para promover la revegetación de las áreas. Las áreas planas tendrán una pendiente de 2% para asegurar un drenaje adecuado durante eventos de precipitación.

#### *II.3.5.3. Disposición Conjunta de Jales y Tepetate (Oeste T/RSF)*

El objetivo del cierre de esta instalación es dejarla como una forma de relieve física y ambientalmente estable, con un paisaje y un hábitat compatibles con el uso de suelo adyacente. La instalación requerirá de monitoreo y mantenimiento mínimo posterior al cierre. Los aspectos generales del plan de cierre incluyen:

- Cierre, eliminación y relleno de los caminos de acceso, piletas y áreas de préstamo que no serán requeridas después del cierre
- Estabilización a largo plazo de los materiales erosionables expuestos

- Cubrir la instalación con una capa de tepetate no generador de ácido con una pendiente mínima de 5% para dirigir el agua de lluvia fuera de la superficie
- Colocar 300 mm de suelo superficial, el cual será almacenado durante la construcción de la instalación y revegetar con especies nativas
- Retirar y eliminar el sumidero y la tubería que transporta el agua al estanque del tajo. El agua de lluvia en contacto con la instalación cerrada será dirigida a canales de control ubicados en los alrededores de la instalación y será descargada en canales naturales aguas abajo de la instalación.

#### *II.3.5.4. Planta de Beneficio*

Los materiales, equipos y reactivos de la planta de beneficio se removerán o regresarán a los proveedores. El equipo para el procesamiento del mineral será descontaminado, desmantelado y en caso de ser posible será revendido. Los edificios, líneas eléctricas y tuberías serán demolidos y los escombros serán dispuestos de manera adecuada. Las cimentaciones serán re-niveladas y las losas de concreto perforadas y cubiertas con medio de crecimiento para promover la revegetación.

#### *II.3.5.5. Presas de agua y piletas*

Las presas de agua que no se utilicen se abrirán para permitir el flujo libre de agua. Las piletas que no sean utilizadas para manejo de fluidos serán cerradas y recuperadas. Con el objetivo de proporcionar agua a la comunidad local, se planea que la presa de almacenamiento de agua (WSD) se mantenga en funcionamiento y que la comunidad asuma la propiedad y el manejo de la misma después del cierre de operaciones. La WSD contará con un plan de mantenimiento regular para asegurar su adecuado funcionamiento. La presa de agua fresca (FWD) funcionará a lo largo de la vida útil de la mina.

#### *II.3.5.6. Infraestructura auxiliar*

Las instalaciones como oficinas, talleres, tanques de almacenamiento, polvorines, etc. serán desmantelados y revendidos cuando sea posible. En caso de no ser revendidos, los escombros se dispondrán de manera adecuada. Las cimentaciones serán re-niveladas y las losas de concreto perforadas y cubiertas con medio de crecimiento para promover la revegetación.

#### *II.3.5.7. Pozos de monitoreo*

Únicamente se conservarán los pozos de monitoreo que se utilizarán para evaluar la calidad del agua durante el periodo de cierre y post-cierre, los pozos no requeridos serán clausurados. Una vez que el periodo de monitoreo post-cierre haya concluido, se procederá a clausurar los pozos faltantes.

#### *II.3.5.8. Tuberías*

Las tuberías subterráneas serán enjuagadas, selladas en ambos extremos y se dejarán en el sitio. Las tuberías superficiales serán enjuagadas y retiradas del sitio. Las áreas afectadas por la colocación de tuberías serán re-niveladas y revegetadas.

#### *II.3.5.9. Áreas aledañas*

Las áreas afectadas en los alrededores de las principales instalaciones y edificios serán niveladas, contorneadas y escarificadas. Una vez realizados los puntos anteriores, se procederá a colocar medio de crecimiento para promover la revegetación.

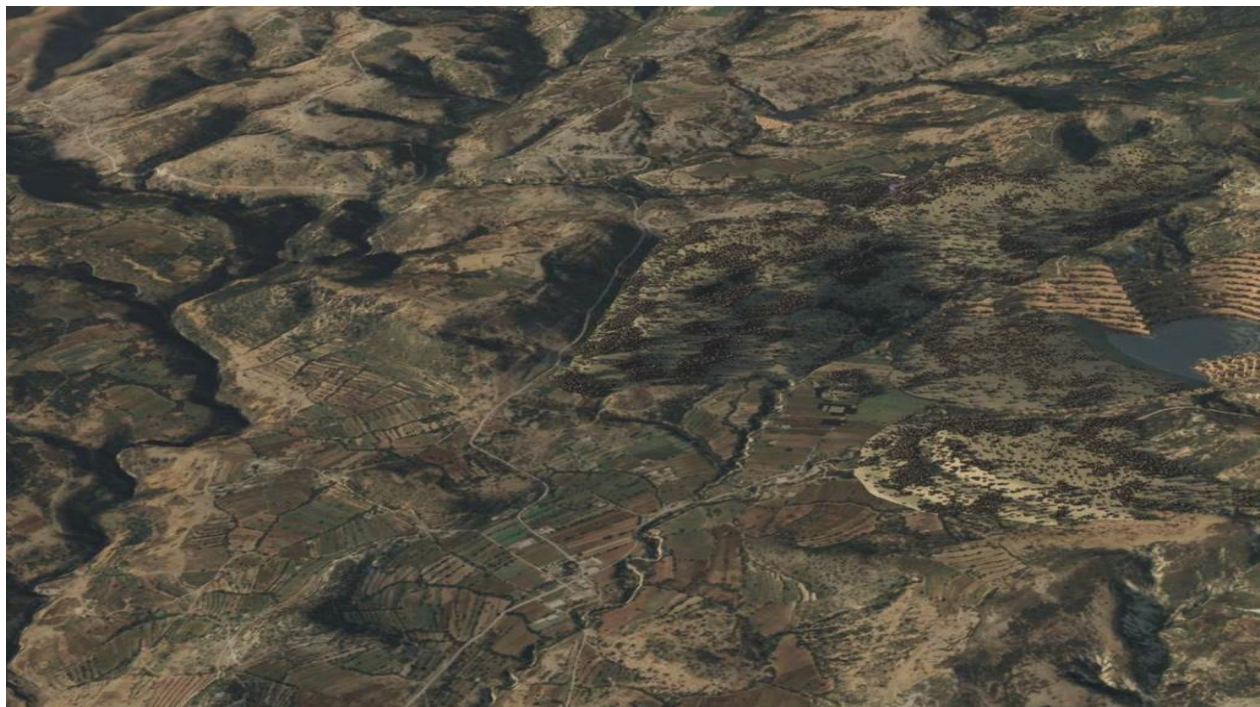
#### *II.3.5.10. Caminos*

Los caminos que sean utilizados durante el periodo de monitoreo permanecerán intactos. Los caminos que no sean utilizados durante el periodo activo de cierre serán eliminados al final de las operaciones. Los caminos que no sean necesarios durante el periodo post-cierre o actividades de mantenimiento serán recuperados al final de las actividades de cierre. Una vez concluida la etapa post-cierre se recuperarán los caminos faltantes, cerrando los que deban ser cerrados, escarificándolos y revegetándolos.

#### *II.3.5.11. Áreas de préstamo*

Las áreas de préstamo serán recuperadas y revegetadas una vez que haya concluido la extracción del material a utilizar durante las actividades de cierre y recuperación del sitio. En los casos en los que sea posible, las áreas de préstamo se recuperarán conforme se desarrollen las actividades de minado.

La Figura II.8 presenta el aspecto general del sitio una vez concluido el proceso de cierre y recuperación



*Figura II.8. Aspecto general del AP después del cierre*

### II.3.6. Sustancias riesgosas

Dentro de las sustancias peligrosas que el Proyecto Minero Ixtaca requerirá durante su operación, el cianuro de sodio es la única sustancia que se encuentra indicada en el 1er Listado de Actividades Altamente Riesgosas (LAAR), cuya cantidad máxima almacenada rebasa la reportada en el listado (ver Tabla II.13).

Tabla II.13. Sustancias peligrosas utilizadas en la operación del proyecto

Sustancia	Nombre químico (IUPAC)/Técnico	No. CAS	Estado físico	Tipo de envase para almacenamiento	Stock máximo de almacenamiento	Área de consumo/servicio
Cianuro de sodio	Cianuro de Sodio	143-33-9	Sólido	Flo-bins de 1 360 Kg	162 toneladas	Lixiviación

El consumo diario y anual promedio estimado de cianuro de sodio es de 5.368 t y 2 025 t, respectivamente, siendo la capacidad máxima de almacenamiento de 162 t.

### II.3.7. Explosivos

Con la finalidad de facilitar la extracción del mineral de Tajo, excavaciones y cortes, se emplearán explosivos en las actividades de minado.

El explosivo que será utilizado para el proyecto bajo análisis es el ANFO (Ammonium Nitrate Fuel Oil), que consiste para el caso en particular en una mezcla de nitrato de amonio y diesel. El “ANFO” es considerado como un alto explosivo terciario o como un “agente explosivo”, compuesto de nitrato de amonio (94%) mezclado con diesel (6%). El ANFO tiene baja sensibilidad a los golpes, y no inicia con fulminantes No.8 directamente, sino que requieren ser iniciados con “explosivos primarios” o “cebos” (primer). El ANFO es ideal para cargar una columna de un barreno en barrenos secos (pues no resiste bien al agua). La explosión del ANFO es sin destello, y la onda expansiva es muy poderosa en relación al poco monto que se ha de usar. El ANFO es muy utilizado debido a que es muy seguro, barato y se puede adquirir con facilidad. Las cantidades exactas de ANFO utilizadas quedan a consideración del experto en explosivos encargado de realizar las voladuras en la mina.

Por reglamentación y criterio elemental en el manejo de explosivos, todas las actividades de manejo (transporte, almacenamiento, preprocesamiento, instalación) se realizan por separado para el explosivo (ANFO), y para los detonantes, reuniéndolos sólo hasta el último paso previo a la voladura.

Las cantidades estimadas de materiales explosivos a emplear se muestran en la siguiente Tabla II.14.

Tabla II.14. Cantidades de explosivos a emplear

Año	Consumo diario promedio (kg)
-1	5 650
1	16 963
2	14 400
3	22 498

Año	Consumo diario promedio (kg)
4	28 709
5	26 202
6	23 436
7	22 691
8	20 664
9	19 751
10	1 224

La transportación de los agentes explosivos será realizada por una empresa autorizada para el manejo de explosivos y almacenada en silos en el área de Tajo. El diesel a emplear en las actividades de extracción se almacenará en un tanque, el cual se estima será reabastecido cada dos semanas.

### II.3.8. Residuos

Como resultado de las diferentes actividades en cada una de las etapas del proyecto se ha realizado una estimación del pronóstico de generación y manejo general de los residuos. Esta información se presenta en la Tabla II.15.



Tabla II.15. Residuos peligrosos generados en las diferentes etapas del proyecto.

Nombre del residuo	Componentes del residuo	Proceso o etapa en el que se generará y fuente generadora	Características CRETIB	Cantidad mensual generada	Tipo de empaque	Sitio de almacenamiento temporal	Características del sistema de transporte al sitio de disposición final	Sitio de disposición final	Estado físico
Residuos de mantenimiento y limpieza de equipo y maquinaria	Sólidos impregnados con hidrocarburos, pinturas, solventes y químicos	Mantenimiento de equipo y maquinaria	Corrosivo Tóxico Inflamable	500 kg	Contenedor	ATRP	ATFA	Confinamiento o coprocesamiento en sitio autorizado	Sólido
Aceites gastados (aceite de motor, aceite hidráulico)	Hidrocarburos	Mantenimiento de equipo y maquinaria	Tóxico Inflamable	2 200 l	Contenedor	ATRP	ATFA	Confinamiento o coprocesamiento en sitio autorizado	Líquido
Líquido enfriador	Químico	Mantenimiento de equipo y maquinaria	Tóxico	630 l	Contenedor	ATRP	ATFA	Confinamiento en sitio autorizado	Líquido
Residuos de laboratorio	Reactivos químicos	Pruebas de laboratorio metalúrgico	Corrosivo Reactivo Tóxico	630 kg	Contenedor	ATRP	ATFA	Confinamiento en sitio autorizado	Líquido
Residuo de origen medico	Materiales de curación del servicio médico	Servicio médico	Biológico- Infeccioso	10 kg	Contenedor	Consultorio	Servicio autorizado para residuos hospitalarios	Incineración	Sólido
Aguas residuales	Servicios sanitarios	Oficinas y áreas de producción	Tóxico	100 litros	Sanitario móvil	ATRP	ATFA	Servicio por proveedor	Líquido
Residuos domésticos de oficina	Papel, cartón, metal, plástico, vidrio, orgánicos de alimentos	Tareas administrativas	-	446 kg	Contenedor	ATRME	Recolector autorizado local	Sitio de disposición final local autorizado	Sólido
Escombros de demolición	Materiales de construcción, madera, concreto armado, varilla, loseta, muros, láminas metálicas y plásticas	Remodelaciones, mantenimiento de instalaciones, retiro de infraestructura (cierre)	-	4 200 t	Granel	ATRME	Recolector autorizado local	Sitio de disposición final local autorizado	Sólido

ATRP= Almacén Temporal de Residuos Peligrosos

ATRME= Almacén Temporal Residuos de Manejo Especial.

ATFA=Autotransporte Federal Autorizado.

### II.3.9. Generación de gases efecto invernadero

El Proyecto Ixtaca no contempla el desarrollo de operaciones de beneficio que generen emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en cantidades relevantes por ser parte de sus procesos de producción regulares, tales como vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), clorofluorocarbonos (CFC), ozono (O<sub>3</sub>).

Respecto a la generación de emisiones a la atmósfera producidas por el consumo de combustibles para uso energético y generación de partículas, se tiene estimado que el Proyecto Ixtaca tendrá emisiones asociadas con los siguientes consumos (ver Tabla II.16. Consumo de combustibles para uso energético:

Tabla II.16. Consumo de combustibles para uso energético

Etapa	Recurso	Consumo Mensual	Unidad	Actividad	Tipo de emisión asociada
Preparación del Sitio y Construcción	Diésel	21 000	litro	Operación de maquinaria, traslado de material y traslado de personal	CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , COV, PST (PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> )
	Gasolina	2 000	litro		
Operación y Mantenimiento	Diésel	400 000	litro	Voladuras, extracción y acarreo de material, traslado del personal, generación de energía, trituración, beneficio del mineral	CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , COV, PST (PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> )
	Gasolina	20 000	litro		
	Gas L.P.	1 000	litro		
	Electricidad	1 000	kVA		
Cierre y Abandono	Diésel	2 000	litro	Acarreo de residuos y traslado de personal	CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , COV, PST (PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> )
	Gasolina	1 000	litro		
	Electricidad	300	kVA		

El Proyecto Ixtaca, no considera el desarrollo de operaciones que involucren procesos productivos de tratamiento térmico o con reacciones químicas exotérmicas durante su operación regular, por lo que no se considera la disipación de energía al ambiente hacia el exterior de las fronteras de las instalaciones

Página intencionalmente dejada en blanco.



CORPORACIÓN AMBIENTAL DE MÉXICO

Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.  
Patricio Sanz #1609, Torre 2, Piso 6  
Col. Del Valle Sur, Del. Benito Juárez  
Ciudad de México, C.P. 03100  
[mexico@cam-mx.com](mailto:mexico@cam-mx.com)  
Tels. +52 (55) 5538.0727  
+52 (55) 5538.4693

### CAPÍTULO III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

#### Contenido

IV.1. Información Sectorial .....	3
IV.2. Planes de Ordenamiento Ecológico del Territorio. ....	4
IV.2.1. Programa de Ordenamiento Ecológico en el Estado de Puebla.....	4
IV.2.2. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.....	4
IV.3. Decretos y programas de conservación y manejo de las Áreas Naturales Protegidas. ....	8
IV.4. Normas Oficiales Mexicanas (NOM) .....	16
IV.5. Planes o Programas de Desarrollo Urbano. ....	24
IV.5.1. Plan Municipal de Desarrollo de Ixtacamaxtitlán.....	24
IV.6. Leyes .....	24
IV.6.1. Constitución Política del los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). ....	24
IV.6.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). ..	25
IV.6.3. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).....	28
IV.6.4. Ley Minera (LM). ....	28
IV.6.5. Ley de Aguas Nacionales (LAN). ....	29
IV.6.6. Ley General de Vida Silvestre (LGVS).....	30
IV.6.7. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA).....	31
IV.6.8. Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos (LFAFE).....	32
IV.6.9. Ley General de Cambio climático (LGCC). ....	33
IV.6.10. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).34	
IV.6.11. Ley de Derechos, Cultura y Desarrollo de los Pueblos y Comunidades Indígenas del Estado de Puebla (LDPIEP).....	35
IV.7. Reglamentos.....	35
IV.7.1. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental .....	35
IV.7.2. Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera.....	36
IV.7.3. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable .....	37
IV.7.4. Reglamento de Ley General de Vida Silvestre.....	37
IV.7.5. Reglamento de Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).....	38
IV.8. Tratados y Convenios Internacionales .....	38
IV.9. Acuerdos.....	39
IV.9.1. ACUERDO por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación .....	39

IV.9.2. Acuerdo de Coordinación para la ejecución del Programa de Infraestructura Indígena, que celebran la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas y el Estado de Puebla (D.O.F. 16 de abril de 2018).....	40
IV.10. Zonas arqueológicas .....	40

## Tablas

Tabla III.1 Unidades Ambientales Biofísicas en las que se localiza el proyecto.....	5
Tabla III.2 Estrategias de las UAB's 117 y 57 .....	6
Tabla III.3. Áreas de interés ecológico que intersectan con el proyecto.....	8
Tabla III.4. Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas .....	17
Tabla III.5 Vinculación del proyecto Ixtaca con la CPEUM .....	24
Tabla III.6. Vinculación con la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto ambiental .....	25
Tabla III.7. Vinculación con la LGDFS .....	28
Tabla III.8 Vinculación con la Ley Minera .....	28
Tabla III.9. Vinculación con la Ley de Aguas Nacionales.....	29
Tabla III.10. Vinculación del Proyecto con la LGVS.....	30
Tabla III.11 Vinculación del proyecto con Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.....	31
Tabla III.12 Vinculación del proyecto con la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos .....	32
Tabla III.13 Vinculación del proyecto con la LGCC.....	33
Tabla III.14. Vinculación con la LGPGIR.....	34
Tabla III.15 Vinculación con la Ley de Derechos, Cultura y Desarrollo de los Pueblos y Comunidades Indígenas del Estado de Puebla .....	35
Tabla III.16. Vinculación del proyecto con el REIA.....	35
Tabla III.17. Vinculación del proyecto con el RPCCA.....	36
Tabla III.18. Vinculación con el reglamento de la LGPGIR.....	38
Tabla III.19. Vinculación con los tratados y convenios internacionales.....	38

## Mapas

Mapa III.1 Ubicación del Proyecto Ixtaca respecto al POEGT .....	9
Mapa III.2 Ubicación del proyecto respecto a Áreas Naturales Protegidas.....	10
Mapa III.3 Ubicación del proyecto respecto a Regiones Terrestres Prioritarias.....	11
Mapa III.4 Ubicación del proyecto respecto a Sitios Terrestres Prioritarios.....	12
Mapa III.5 Ubicación del proyecto respecto a Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.....	13
Mapa III.6 Ubicación del proyecto respecto a Regiones Hidrológicas Prioritarias.....	14
Mapa III.7 Ubicación del proyecto respecto a Humedales de importancia internacional (RAMSAR) .....	15

### III.1. Infomación Sectorial

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (2017)<sup>1</sup>, la minería metálica ha sido escasa en Puebla. Salvo los yacimientos de Zautla y Tezuitlán explotados durante el Siglo XIX y principios del XX, la minería poblana se ha limitado a minerales no metálicos, principalmente extracciones de andesita, arena, agregados pétreos, basalto, calcita, caliza, grava y tezontle. El valor total de producción poblana al año 2016 fue de diez mil ciento cincuenta y dos millones de pesos (M.N.), de los cuales la minería metálica únicamente aportó cuatro millones cincuenta y seis mil pesos, correspondientes a la extracción de hierro.

Conforme con la misma fuente, para el año de 2016 existían 299 títulos de concesión que amparaban la posibilidad de explorar y, en su caso extraer, recursos mineros en 180 697.60 hectáreas. La precisión resulta importante porque incluso el Servicio Geológico Mexicano (SGM) compara ERRONEAMENTE este número de hectáreas con respecto a la SUPERFICIE estatal.

El error es significativo porque genera apreciaciones adversas para el sector, que incluso complican el desarrollo de la minería. Independientemente de que, como se verá en las secciones *III.5.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM)* y *III.5.4. Ley Minera*, una concesión minera NO otorga derecho sobre el dominio de la superficie.

Estas dos aseveraciones contribuyen a explicar parte del por qué, iniciativas previas encabezadas por otras empresas mineras no han resultado, cuando en la realidad, la minería puede ser un motor de desarrollo para la región como lo ha sido en otras entidades federativas.

En este sentido, es importante señalar que, de realizarse el proyecto de Minera Gorrión, S.A. de C.V. (MG), el estado de Puebla de no producir plata, ni oro actualmente, se convertiría en el octavo productor nacional de plata y noveno de oro, desplazando incluso al estado de Guanajuato a la décima posición, en ambos casos. En este sentido, los recursos que recibió el estado de Puebla del Fondo Minero en el año 2016, alcanzaron un total de \$ 950 397.76 MN (Novescientos cincuenta mil trescientos noventa y siete pesos 76/100 M.N.), de los cuales un 54.05% se destinó al municipio de Zacatlán (CAMIMEX, 2018)<sup>2</sup>.

De tal manera y para poner en contexto al proyecto de MG, de acuerdo con el Anuario Estadístico 2017 publicado por la CAMIMEX (op. cit.), el municipio de Guanajuato recibió, únicamente por aportaciones del Fondo Minero en el 2016, un total de \$ 15 118 757.98 M.N. (Quince millones ciento dieciocho mil setecientos cincuenta y siete pesos 98/100 M.N.), provenientes de una extracción de 2 374.2 kg de oro y 141 521 kg de plata, lo que resulta una producción muy similar a la esperada anualmente por el proyecto de MG. Consideremos también que, para el mismo año, el municipio de Ixtacamaxtitlán tuvo un presupuesto de \$ 125 149 000.00 M.N. (Ciento veinticinco millones ciento cuarenta y nueve mil pesos 00/100 M.N.). Lo anterior implica que únicamente por recursos del Fondo Minero, el municipio de Ixtacamaxtitlán podría estar recibiendo anualmente una inyección de alrededor del 10 % de su presupuesto, por efectos de la producción del proyecto de MG. Esto sin contar las modificaciones que se esperan con la nueva Administración del Ejecutivo Federal.

<sup>1</sup> [SGM, 2017] Servicio Geológico Mexicano, 2017. Panorama Minero del Estado de Puebla. Publicación editada por el SGM dentro de la Serie "Panorama Minero de los Estados. Disponible en la dirección: <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/PUEBLA.pdf>

<sup>2</sup> [CAMIMEX, 2018] Camara Minera de México, 2018. Informe Anual 2017, presentado durante la LXXX Asamblea General Ordinaria. Disponible en la dirección: <https://camimex.org.mx/index.php/secciones1/publicaciones/informe-anual/informe-anual-2017/>

La aportación mencionada, no incluye otros impuestos como el Impuesto Sobre la Renta (ISR), el Impuesto al Valor Agregado (IVA), el Impuesto Sobre Nóminas, Predial, etc., entre otros gravámenes.

### **III.2. Planes de Ordenamiento Ecológico del Territorio.**

#### **III.2.1. Programa de Ordenamiento Ecológico en el Estado de Puebla**

Cabe mencionar que, a la fecha de elaboración del presente reporte, el estado de Puebla sólo cuenta con un Programa de Ordenamiento Ecológico Regional (POER) para la “*Región del Volcán Popocatepetl y su Zona de Influencia en el Estado de Puebla*” (P.O. 28/01/2005), además del “*Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del municipio de Cuetzalan del Progreso*” (P.O. 03/12/10)<sup>3</sup>.

De manera particular, para la región y municipio donde se localiza el Proyecto, NO existe un programa de esta índole, por lo cual se utiliza como referencia el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), para el desarrollo de las actividades y obras que se pretenden realizar, y el uso de suelo de acuerdo con las Unidades Ambientales biofísicas que correspondan.

#### **III.2.2. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio**

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) fue publicado en el D.O.F. el 07/09/2012, el cual es un instrumento de política pública sustentado en la LGEEPA y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tiene por objeto llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando área de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial. Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras cosas, promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF) así como orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; apoyar la resolución de los conflictos ambientales; así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la APF.

Esté instrumento “*no tiene como objeto autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades sectoriales. Cada sector tiene sus prioridades y metas, sin embargo, en su formulación e instrumentación, los sectores adquieren el compromiso de orientar sus programas, proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región, en*

---

<sup>3</sup> [SEMARNAT, 2018] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018. Ordenamientos Ecológicos Expedidos. Portal de la SEMARNAT, consultado el 31 de octubre de 2018, disponible en: <https://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamiento-ecologico/ordenamientos-ecologicos-expedidos>

*congruencia con las prioridades establecidas en este Programa y sin menoscabo del cumplimiento de programas de ordenamiento ecológico locales o regionales vigentes”<sup>4</sup>.*

Conforme al POEGT, el Proyecto se ubica inmerso dentro de dos Regiones Ecológicas (RE), una de ellas la **RE 18.32**, particularmente en la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) **117**, denominada “**Karst Huasteco Sur**”, y en la **RE 16.10** en la **UAB 57**, denominada “**Depresión Oriental (de Tlaxcala y Puebla)**”, en la cual la mayor parte del área de proyecta está inmersa (véase Mapa III.1).

En la Tabla III.1 se muestra la ubicación de las Regiones Ecológicas y sus UAB’s, así como el estado actual del medio ambiente, su política ambiental y los ejes rectores del desarrollo en estas regiones.

Cabe destacar que la actividad minera tiene alta importancia como coadyuvante y asociados al desarrollo en la UAB 117 y 57, respectivamente.

*Tabla III.1 Unidades Ambientales Biofísicas en las que se localiza el proyecto.*

Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio		
RE	18.32	16.10
UAB	117 “Karst Huasteco sur”	57 “Depresión Oriental (de Tlaxcala y Puebla)”
Localización:	Noreste de San Luis Potosí y Norte de Puebla	Sureste de Hidalgo. Centro, norte, sur y este de Tlaxcala, Centro occidente de Veracruz. Centro norte de Puebla.
Superficie en km <sup>2</sup> :	13 271.77	12 108.51
Población Total	1 633 298 hab.	4 232 937 hab.
Población Indígena:	Huasteca	Sierra Norte de Puebla y Totonacapan

<sup>4</sup> SEMARNAT, 2012 ACUERDO por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Publicado en el Diario Oficial de la Federación del 7 de septiembre de 2012. Pag. 93, Segunda Secc.



Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio		
Escenario al 2033:	Inestable a crítico	Inestable a crítico
Política Ambiental:	Restauración y Aprovechamiento Sustentable	Restauración, Preservación y Aprovechamiento Sustentable
Prioridad de Atención:	Media	Media
Rectores del desarrollo	Preservación de Flora y Fauna	Desarrollo Social - Forestal
Coadyuvantes del desarrollo	Forestal - Minería	Agricultura
Asociados del desarrollo	Agricultura - Ganadería – Poblacional	Ganadería - Minería
Otros sectores de interés	CFE- Desarrollo Social - PEMEX - Turismo	CFE- Industria - Preservación de Flora y Fauna
Estrategias sectoriales	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 19, 20, 28, 29, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
Estado actual del Medio Ambiente 2008:	<p><b><u>Inestable. Conflicto Sectorial Nulo.</u></b></p> <p>No presenta superficie de ANP's.            Media degradación de los Suelos.            Muy alta degradación de la Vegetación.            Sin degradación por Desertificación.            La modificación antropogénica es baja.            Longitud de Carreteras (km): Media.            Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy baja.            Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja.            Densidad de población (hab/km<sup>2</sup>): Baja.</p> <p>El uso de suelo es Agrícola y Forestal.            Con disponibilidad de agua superficial.            Con disponibilidad de agua subterránea.            Porcentaje de Zona Funcional Alta: 35.8.            Alta marginación social.            Muy bajo índice medio de educación.            Bajo índice medio de salud.            Alto hacinamiento en la vivienda.            Bajo indicador de consolidación de la vivienda.            Medio indicador de capitalización industrial.            Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal.            Muy alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios.            Actividad agrícola de carácter campesino.</p> <p><b>Alta importancia de la actividad minera.</b>            Media importancia de la actividad ganadera.</p>	<p><b><u>Inestable. Conflicto Sectorial Bajo.</u></b></p> <p>No presenta superficie de ANP's.            Alta degradación de los Suelos.            Muy alta degradación de la Vegetación.            Sin degradación por Desertificación.            La modificación antropogénica es muy alta.            Longitud de Carreteras (km): Muy Alta.            Porcentaje de Zonas Urbanas: Media.            Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja.            Densidad de población (hab/km<sup>2</sup>): Alta.</p> <p>El uso de suelo es Agrícola y Forestal.            Déficit de agua superficial.            Con disponibilidad de agua subterránea.            Porcentaje de Zona Funcional Alta: 66.6.            Alta marginación social.            Bajo índice medio de educación.            Bajo índice medio de salud.            Medio hacinamiento en la vivienda.            Medio indicador de consolidación de la vivienda.            Medio indicador de capitalización industrial.            Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal.            Bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios.            Actividad agrícola sin información.</p> <p><b>Media importancia de la actividad minera.</b>            Alta importancia de la actividad ganadera.</p>

En este sentido, las estrategias de las UAB's 117 y 57 aplicables al proyecto, se mencionan en la siguiente Tabla III.2. El resto de las estrategias NO son mencionadas, en virtud de que no existe vinculación del proyecto con ellas, pues se enfocan principalmente a acciones de Gobierno, en sus diferentes niveles.

Tabla III.2 Estrategias de las UAB's 117 y 57

Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio			Forma en que se vincula el proyecto
Estrategias	UAB 117	UAB 57	
A) Preservación	1. Conservación <i>in situ</i> de los ecosistemas y su biodiversidad	1. Conservación <i>in situ</i> de los ecosistemas y su biodiversidad	El proyecto NO requiere de superficies en zonas de preservación, pues el 53.6 % de la superficie del área de proyecto, sufre de erosión de "alta" a "muy alta", y el 46.38 % moderada.

Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio			Forma en que se vincula el proyecto
Estrategias	UAB 117	UAB 57	
B) Aprovechamiento sustentable	8. Valoración de los servicios ambientales.	8. Valoración de los servicios ambientales	El proyecto a través de los reservorios de agua que requiere, además de las medidas de compensación, permitirá contribuir a un mejoramiento de los servicios ambientales, tales como la producción de oxígeno y captura de carbono.
C) Protección de los recursos naturales	12. Protección de los ecosistemas.	12. Protección de los ecosistemas.	A través de sus acciones de compensación, el proyecto contribuirá a la protección de ecosistemas, principalmente al aportar el agua excedente, captada en sus reservorios.
D) Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	Las acciones de compensación, derivadas tanto del cambio del uso del suelo de terrenos forestales, como de la implementación del plan de cierre, al final de la vida útil, contribuirán a la restauración de las funciones de los ecosistemas.

Conforme con lo anterior, el Proyecto es compatible con las estrategias planteadas en este instrumento del ordenamiento ecológico, considerando que se planea un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables, mediante la aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación durante todas las etapas del Proyecto.

### III.3. Decretos y programas de conservación y manejo de las Áreas Naturales Protegidas.

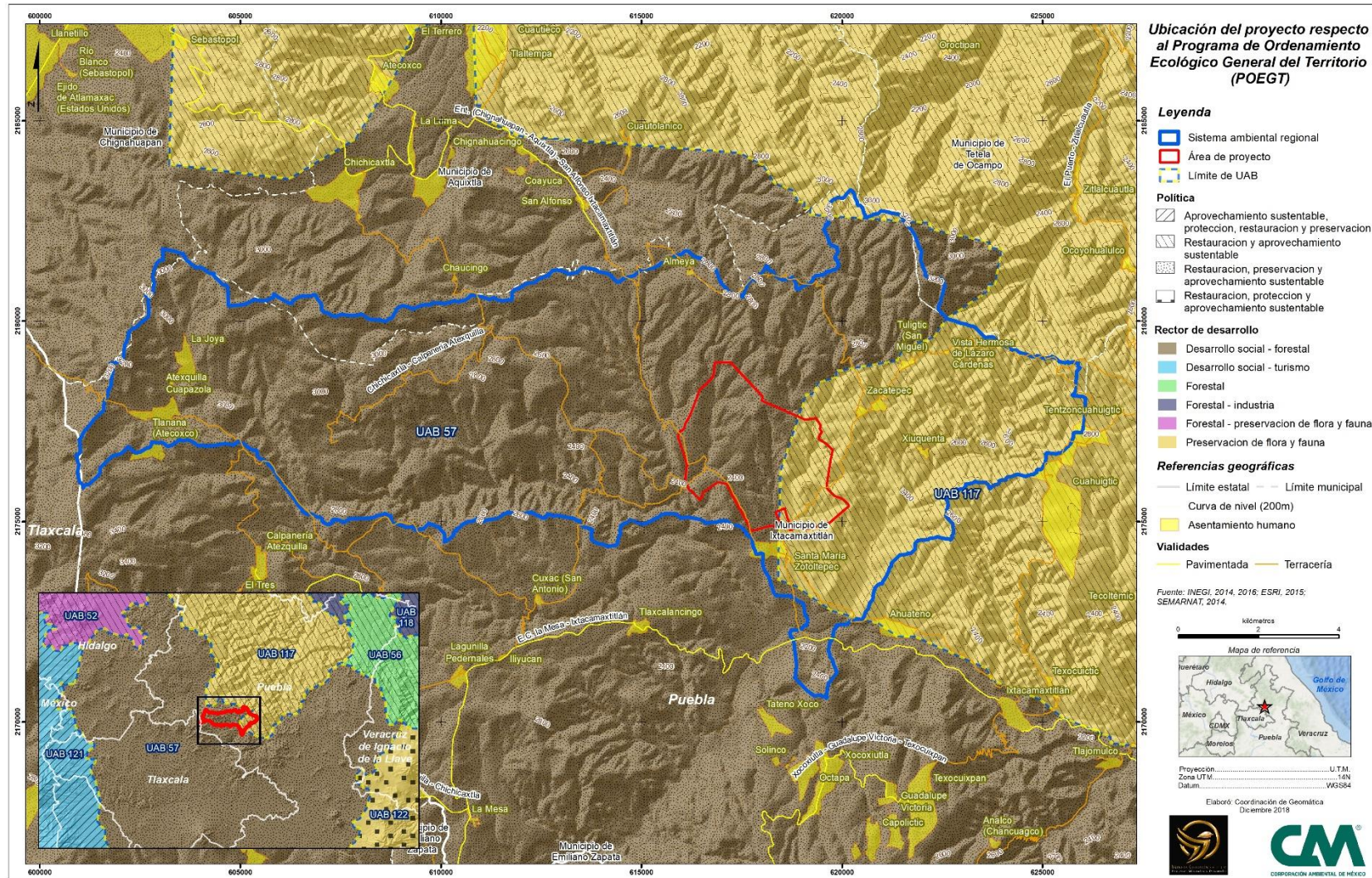
Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) constituyen el instrumento fundamental en la conservación de la biodiversidad de los bienes y servicios ecológicos. Representan la posibilidad de reconciliar la integridad de los ecosistemas que no reconocen fronteras político-administrativas.

En consideración al presente apartado, se realizó la revisión cartográfica y bibliográfica de aquellas ANP's de carácter Federal y Estatal; Región Terrestre Prioritaria (RTP), Áreas de Importancia Para la Conservación de las Aves (AICA), Región Hidrológica Prioritaria (RHP), Sitios Terrestres Prioritarios (STP) y sitios RAMSAR. En en la Tabla III.3 se muestran los resultados derivados de la revisión de estos sitios de Interes respecto al SAR y proyecto.

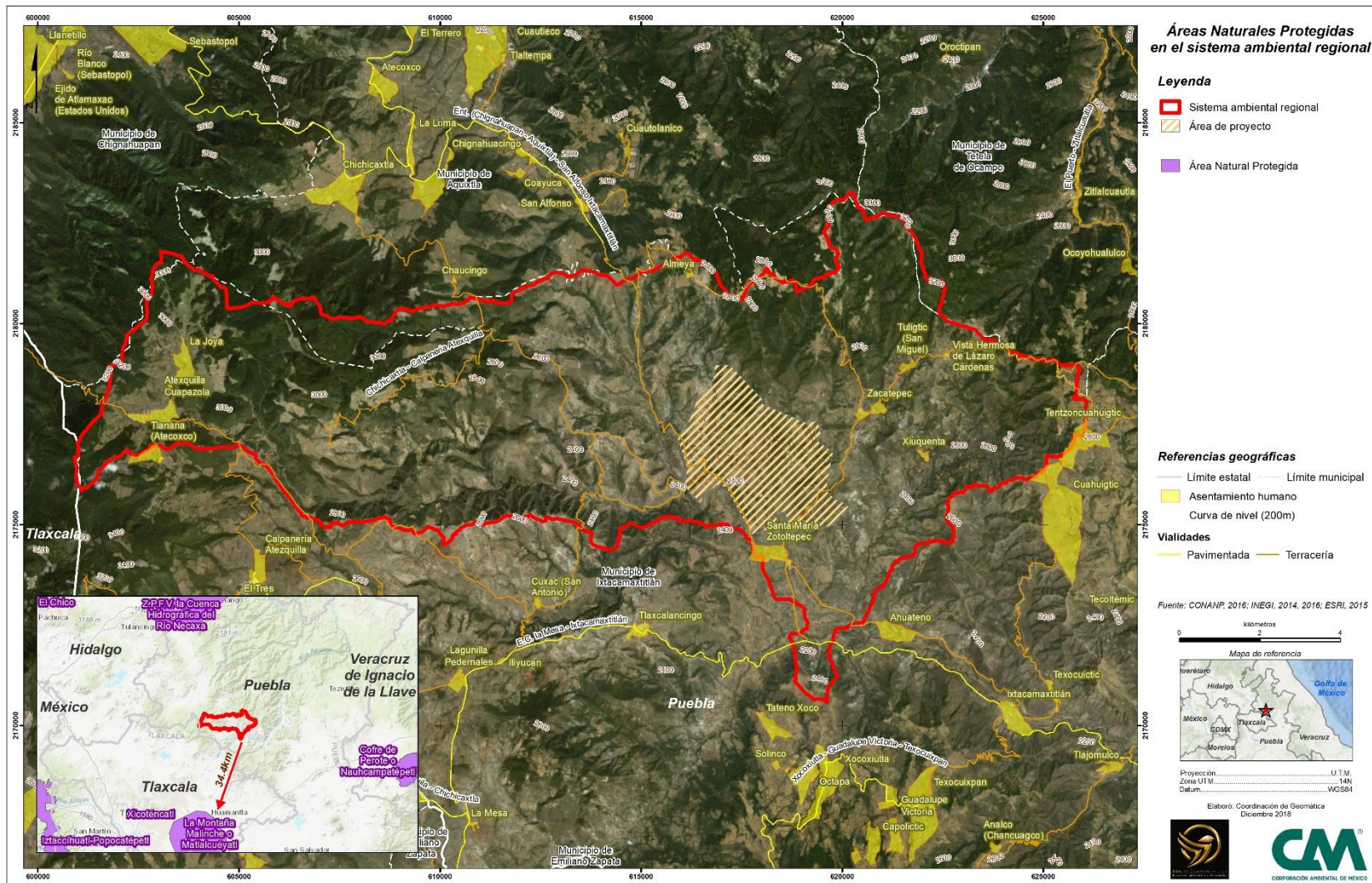
*Tabla III.3. Áreas de interés ecológico que intersectan con el proyecto*

Área de interés ecológico	Intersección		Vinculación
	SAR	AP	
ANP (federal y estatal)	No	No	El Área de Proyecto no se ubica dentro de ninguna ANP (Ver Mapa III.2).
Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)	No	No	No hay relación con las cuatro regiones prioritarias cercanas: "Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental", del lado noroeste; "Cuetzalan", en el noreste; en el sureste y suroeste colinda con la región de "La Malinche" (ver Mapa III.3).
Sitios Terrestres Prioritarios (STP)	Si	Si	El SAR comparte superficie onn tres SPT, con prioridad alta (N=1 145) y prioridad media (N=1 093), mientras que el AP comparte superficie con dos STP, ambos con prioridad alta. Dado que los STP no forman parte del Sistema de Áreas Naturales Protegidas y NO existe regulación que establezca limitaciones a la ejecución de actividades dentro de los exágonos de cada STP, no es posible establecer una vinculación con esta figura propuesta por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sin embargo, el proyecto de MG considera la capacitación de su personal sobre la importancia de la Conservación, además de que las acciones de compensación del proyecto, redundarán en mejores condiciones ambientales para la región (ver Mapa III.4).
Áreas de importancia para la Conservación de Aves (AICA)	No	No	El proyecto no incide sobre ningún AICA, las más cercanas son las siguientes: La Malinche, Subcuenca Tecocomulco y Cuetzalan (ver Mapa III.5).
Regiones Hidrológicas prioritarias (RHP)	Si	Si	El SAR se encuentra dentro de la Región Hidrológica No. 76 "Río Tecolutla" <sup>5</sup> . NO existe regulación que establezca limitaciones a la ejecución de actividades dentro de las RHP, no es posible establecer una vinculación con esta figura propuesta por la CONABIO. Sin embargo, las actividades del Proyecto para la captación de agua lluvias (presas) permitirán a las especies de anfibios mantener su entorno y condiciones ecológicas mayor tiempo (ver Mapa III.6).
Sitios RAMSAR	No	No	No existen sitios RAMSAR dentro del AP, ni dentro del SAR. Los más cercanos al SAR son: Laguna de Tecocomulco, ubicado en el municipio de Apan en Hidalgo; presa de Atlangatepec en el municipio de Atlangatepec en el Estado de Tlaxcala; y el Sistema de Represas y Corredores biológicos de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, en los municipios de Acaxochitlán, Huachinango y Juan Galindo, entre los estados de Puebla e Hidalgo (ver Mapa III.7). Ninguno de ellos se ubica "corriente abajo" del AP.

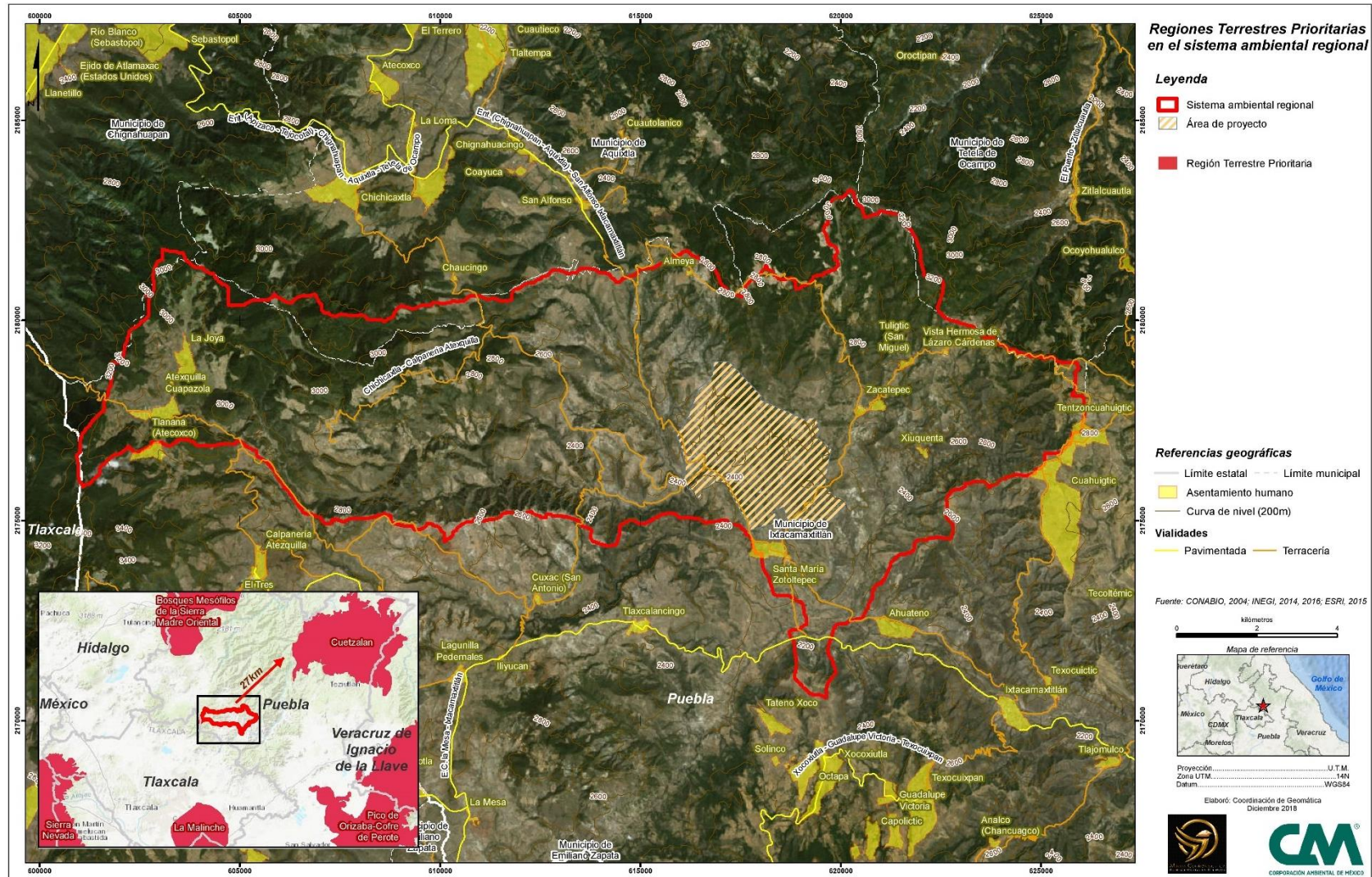
<sup>5</sup> Recurso disponible en línea: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp\\_076.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_076.html). Consultado el 10/04/18.



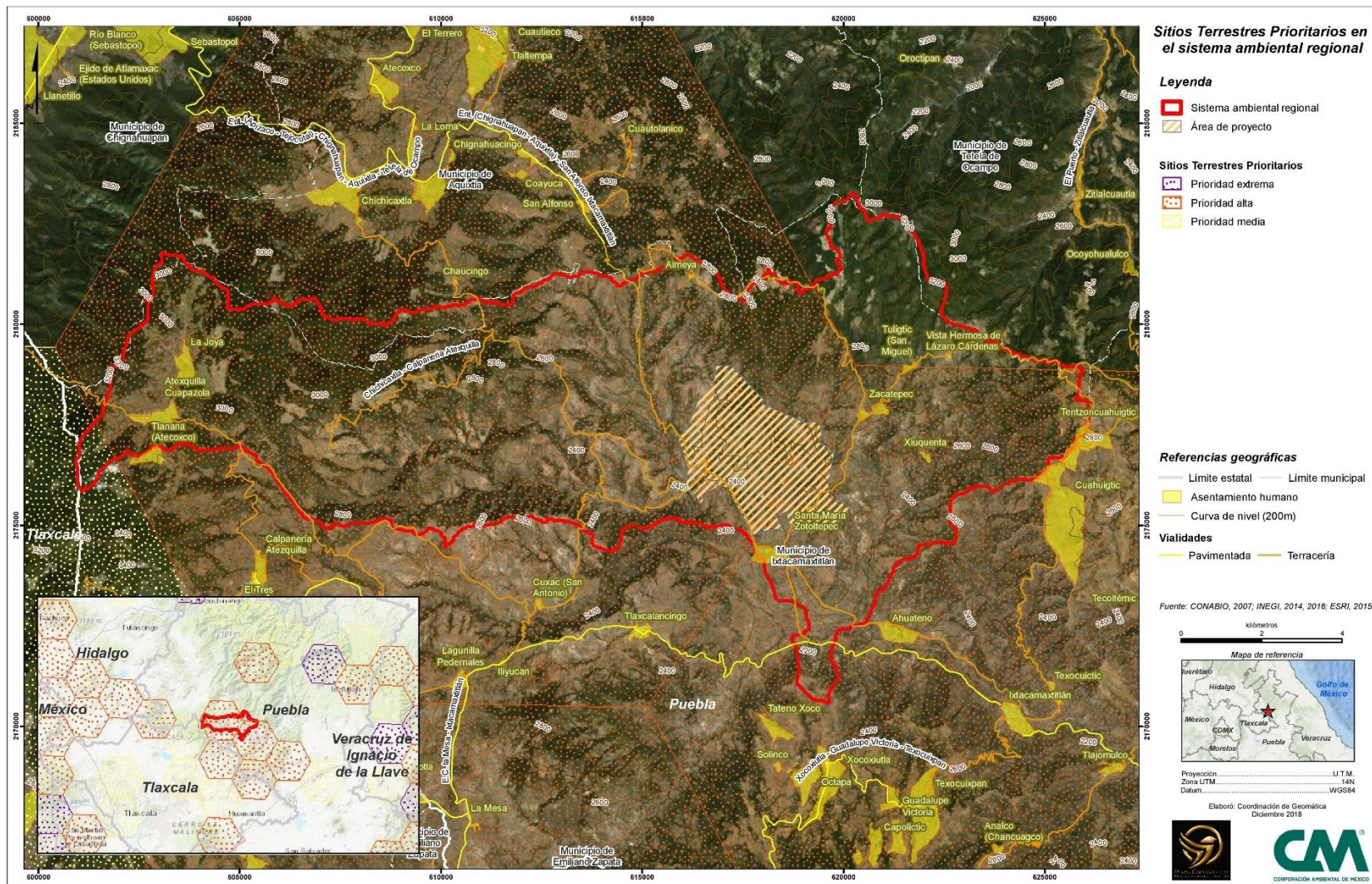
Mapa III.1 Ubicación del Proyecto Ixtaca respecto al POEGT



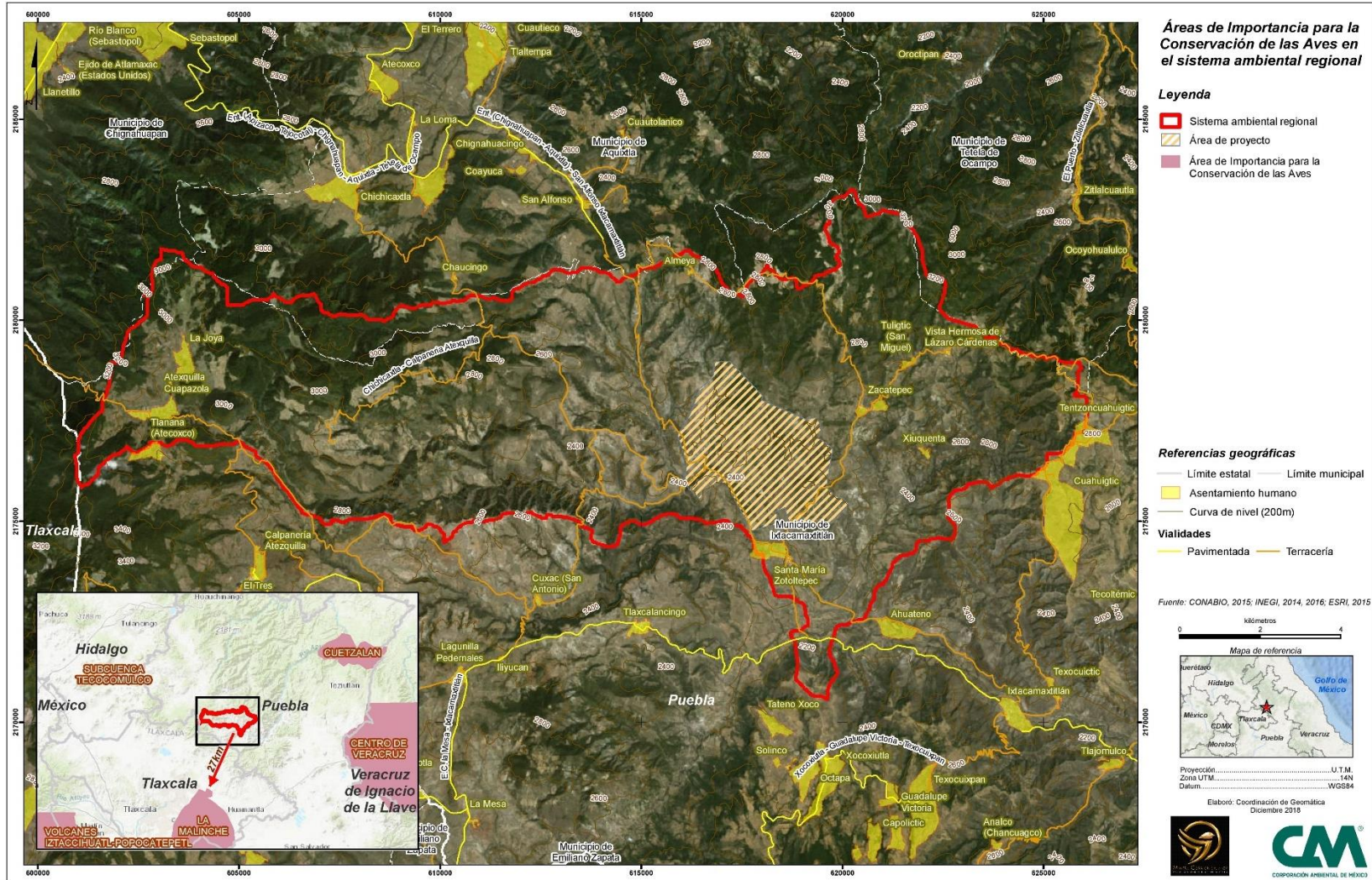
Mapa III.2 Ubicación del proyecto respecto a Áreas Naturales Protegidas.



Mapa III.3 Ubicación del proyecto respecto a Regiones Terrestres Prioritarias.

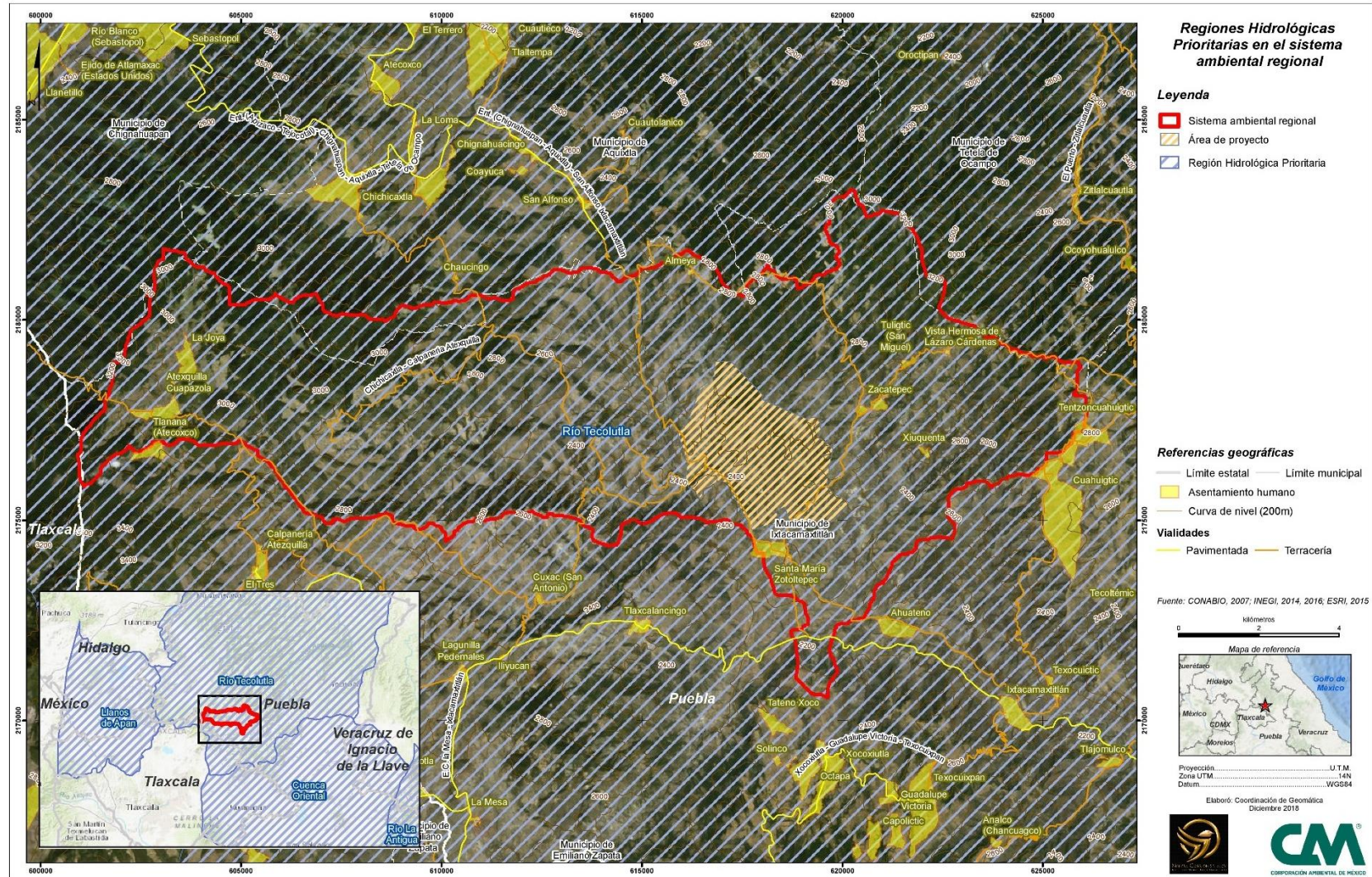


Mapa III.4 Ubicación del proyecto respecto a Sitios Terrestres Prioritarios.

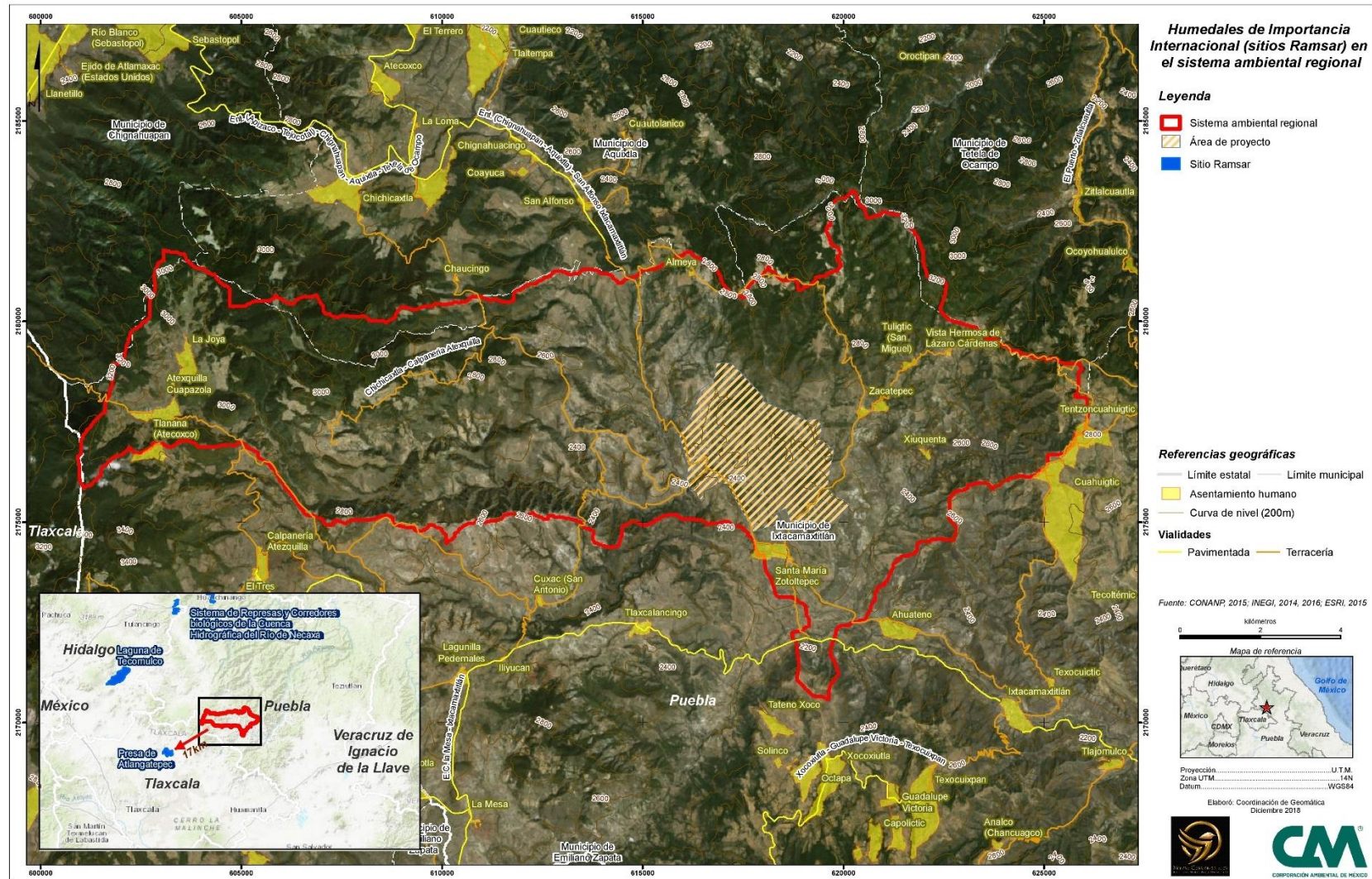


Mapa III.5 Ubicación del proyecto respecto a Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.





Mapa III.6 Ubicación del proyecto respecto a Regiones Hidrológicas Prioritarias.



Mapa III.7 Ubicación del proyecto respecto a Humedales de importancia internacional (RAMSAR)

### **III.4. Normas Oficiales Mexicanas (NOM)**

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son las regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, que tienen como finalidad establecer las características y especificaciones que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana; así como aquellas relativas a terminología y las que se refieran a su cumplimiento y aplicación, conforme a lo indicado en el Artículo 40 de Ley Federal sobre Metrología y Normalización (D.O.F. última reforma 18/12/2015).

El promovente ha considerado aquellos instrumentos de regulación que inciden por el tipo de actividades que se pretenden desarrollar en el proyecto Ixtaca, respecto a las características y/o especificaciones que provean condiciones de seguridad e higiene de las personas; criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales; características y/o especificaciones que deben reunir los equipos, materiales, dispositivos e instalaciones industriales y finalmente, características y/o especificaciones, criterios y procedimientos para el manejo, transporte y confinamiento de materiales y residuos industriales peligrosos.

En la siguiente Tabla III.4 se presenta la vinculación de las NOM aplicables al proyecto Ixtaca.

Tabla III.4. Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas

Norma Oficial Mexicana	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible	Tabla 2. Límites Máximos Permisibles de Emisión del Método Estático	El promovente exigirá que los vehículos propios y de contratistas sean unidades que hayan cumplido con la norma de referencia, mediante condiciones establecidas en contratos u órdenes de compra.
NOM-045-SEMARNAT-2017 Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diesel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	Sección 7.1.3 y Tablas 1 y 2	El promovente exigirá que los vehículos propios y de contratistas sean unidades que hayan cumplido con la norma de referencia, mediante condiciones establecidas en contratos u órdenes de compra.
NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Secciones 6, 7 y 8. 6. Procedimiento para determinar si un residuo es peligroso; 7. Características que definen a un residuo como peligroso; 8. Procedimiento para la evaluación de la conformidad	Se determinará con base en la norma, el carácter de peligrosidad de los residuos producidos durante el proyecto.
NOM-054-SEMARNAT-1993 Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-CRP-001-ECOL/1993 ( <b>sic</b> ).	Sección 5.1. Para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-CRP-001-ECOL/1993 ( <b>sic</b> ), se	El promovente empleará los criterios de esta norma para distinguir los residuos peligrosos identificados con base en la NOM-052-SEMARNAT-2005, que pudieran surgir de los procesos que derivan de este proyecto, tales como aceites quemados; y en ese sentido, atender su disposición, tratamiento y manejo de manera adecuada.

Norma Oficial Mexicana	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
	deberá seguir el (...) procedimiento (señalado):	
NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo.	Sección 4 y Anexo Normativo III	El promovente a través de su Plan de Vigilancia Ambiental (PVA), constatará que en la capacitación del personal que labore en el proyecto, se incluya los lineamientos de protección flora y fauna, con énfasis en las especies en riesgo, señaladas en la norma de referencia.
NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Tabla 1. Horario límites máximos permisibles	El promovente identificará con base en hojas técnicas, el conjunto de elementos de la instalación, capaces de producir ruido al exterior de las colindancias del predio que deberán cumplir con la norma. Eventualmente se realizarán monitoreos para verificar el cumplimiento.
NOM.138-SEMARNAT/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelo y las especificaciones para su caracterización y remediación.	Sección 6. Límites máximos permisibles	En el caso de que se presentasen derrames o fugas de hidrocarburos al suelo, el promovente dará cumplimiento a la norma o bien se asegurar que lo hagan sus contratistas, no solo en cuanto a los Límites Máximos Permisibles, sino también en cuanto a los requerimientos para que el muestreo sea representativo.
NOM-141-SEMARNAT-2003 Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales	Sección 1. Objetivo	Si bien es importante señalar que, por la naturaleza del Proyecto, NO se requiere como tal una “presa de jales”, los depósitos de jales secos (o espesados como los denomina la norma) darán cumplimiento al ordenamiento de referencia en cuanto a los mecanismos para la caracterización del jal y la caracterización del sitio, así como los criterios para la mitigación de los impactos ambientales por la remoción de la vegetación para el cambio del uso del suelo.  Asimismo, se cumplirá con las especificaciones y criterios ambientales para las etapas de preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales, y para el monitoreo.
	Sección 5.1. Cambio de uso de suelo en terrenos forestales, y utilización de cauces y zonas federales.	MG Ha desarrollado y presentará en breve, la correspondiente Solicitud de Autorización del Cambio del Uso del Suelo de Terrenos Forestales. Por lo pronto, la presente MIA, incluye la solicitud de autorización del impacto por el Cambio del Uso de Áreas Forestales.
	Sección 5.2. Caracterización del jal.	MG, a través de las firmas SRK, Knight Piésold y Moose Mountain, ha señalado que el potencial de generación es bajo, pues únicamente cinco muestras de mineral de cuarenta y uno analizadas, registraron algún potencial de generación. En el caso del

Norma Oficial Mexicana	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto		
		<p>tepetate, las mismas empresas señalan que la roca esteril no producirá drenaje ácido. De esta forma, la mezcla del mineral asociado con caliza, al mezclarse con el tepetate, neutralizaría cualquier posibilidad de generación de condiciones ácidas.</p> <p>Sin menos cabo de lo anterior, la empresa llevará un programa de monitoreo que permita confirmar que las condiciones que predijeron las empresas mencionadas, se cumpla a lo largo de la etapa de explotación.</p>		
<p>NOM-141-SEMARNAT-2003 Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales</p>	<p>Sección 5.3.            Caracterización del sitio</p>	<p>Como ya se ha mencionado, no existirá propiamente una “presa”; sin embargo, como parte de los estudios de línea base para integrar la presente manifestación, se han desarrollado los trabajos para identificar los elementos del ambiente y biota que pudiesen ser susceptibles de daño por los diferentes depósitos.</p>		
	<p>5.3.1. Aspectos Climáticos</p>	<p>La información requerida ha sido compilada, destacando los siguientes datos relevantes:</p>		
		<p>Parámetro</p>	<p>Valor</p>	
		<p>a) Zona hidrológica (Fig. 2 de la NOM)</p>	<p>Ciclónica</p>	
		<p>b) Precipitación (con base en Normales climatológicas 1951-2010 Estación Ixtacamaxtitlán CFE 21047).</p>	<p>Mensual mínima: 8.1 mm            Mensual media: 163.5 mm            Mensual máxima: 384.7 mm            Anual mínima: 699.5 mm (en el año de 1998)            Anual media: 607 mm            Anual máxima: 1 018.2 mm (en el año de 1958)</p>	
<p>c) Tormenta máxima observada para una duración de 24 h</p>	<p>Con forme con la información de Gary Hurban, la máxima precipitación en 24 h en la estación meteorológica de Ixtaca, es de 49.5 mm, de acuerdo con el reporte de Kngiht Piésold del 10 d emarzo de 2017.</p>			
<p>d) Tormenta de diseño para perido de acuerdo con clasificación de jal, zona hidrológica y topografía del sitio.</p>	<p>Clasificación de jal: No peligroso            Zona hidrológica: Ciclónica            Topografía: Lomerío            Tormenta de diseño para 50 años:</p>			

Norma Oficial Mexicana	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto	
		e) Viento, dirección y frecuencia	Vientos dominantes provenientes del Norte y Noroeste. Durante un periodo aproximado de tres años, la velocidad máxima de viento fue de 14.9 m/s, y la velocidad promedio mensual oscila entre 2 a 3 m/s.
	5.3.2. Aspectos edáficos	Como se ha mencionado, NO será requerida una presa para la contención de los jales, en virtud de que éstos serán depositados en el tajo y en las tepetateras. Sin embargo, como parte de la caracterización de la línea base, se reconocieron los tipos de suelo presentes en el área del proyecto, encontrándose: Andosoles, Leptosoles, y Luvisoles.	
	5.3.3. Aspectos geotécnicos	De acuerdo con el estudio de Prefactibilidad publicado en 2017, durante el período 2014 a 2016, se realizaron 27 barrenos de carácter geotécnico. Adicionalmente en el año de 2017, se realizaron 31 barrenos adicionales, que permiten aportar la información requerida por la norma.	
	5.3.4. Aspectos hidrológicos	<p>Dada la relevancia del recurso agua, Minera Gorrión desarrolló a través de Knigh Piésold un Informe de Línea Base Hidrológica, así como Estudio de Pre-factibilidad para el manejo del agua y los jales. La estación de hidrología regional más cercana, Rancho Apulco, está ubicada a 38 km al noreste del Proyecto, y tiene un área de captación de 1 164 km<sup>2</sup> y una escorrentía media anual de 3.8 L/s/km<sup>2</sup>.</p> <p>Las corrientes en el área siguen un régimen hidrológico episódico/efímero. Los hidrogramas anuales imitan el patrón de precipitación anual, con los flujos más altos que ocurren típicamente durante la estación húmeda de mayo a octubre y los flujos más bajos que ocurren durante la estación seca de noviembre a abril. El flujo de corriente se describe como llamativo: los flujos aumentan y disminuyen rápidamente en respuesta a tormentas de lluvia de alta intensidad de corta duración. Los drenajes de Coxalente y El Tecolote generalmente se ejecutan durante todo el año en elevaciones más altas y se secan durante períodos de bajo flujo en elevaciones más bajas. Con base en el diseño del proyecto, las aguas serán contenidas en la presa de aprovechamiento y se evitarán problemas de inundaciones.</p> <p>Con base en el Anexo Normativo 2, de la presente norma, la fórmula para determinar el índice de vulnerabilidad del acuífero es:  <math>VAq = (G) (O) (D)</math>                      Donde:  <math>VAq =</math> Índice de vulnerabilidad del acuífero  <math>G =</math> Confinamiento hidráulico del agua subterránea</p>	

Norma Oficial Mexicana	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
		<p>O = Granulometría y litología sobreyacente            D = Profundidad del agua subterránea</p> <p>Sustituyendo los valores obtenidos de los estudios de Linea Base se tiene que:</p> $VAq = (0.6) (0.6) (0.6) = 0.216$ <p>En consecuencia, se puede afirmar que el acuífero localizado en el AP no resulta vulnerable.</p>
	<p>5.3.5. Biodiversidad y ecosistemas frágiles o únicos</p>	<p>El área requerida por el proyecto, incluyendo todas las instalaciones, se asienta principalmente sobre vegetación arbórea de carácter secundario de bosque de táscate (64.97 %), seguida por agricultura de temporal (26.86%), pastizal inducido (8.11 %) y una mínima parte en bosque de táscate (0.05%). En consecuencia, es posible afirmar que no habrá afectación sobre ecosistemas frágiles por depósitos de jales.</p> <p>Respecto a las especies en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010, tanto en SAR como en AP, solo se identificó una especie, <i>Cupressus lusitanica</i> (cedro blanco), en categoría de Protección especial. La distribución geográfica de esta especie es amplia, se distribuye en la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Occidental, Meseta Central de Chiapas y parte del Eje Neovolcánico; también se encuentra en Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica (ver mapa de distribución geográfica en Anexo IV-3), y se reporta que es una especie que no tiene problema de sobrevivencia, ya que es de fácil reproducción y se cultiva ampliamente, por lo que el desarrollo del proyecto minero no pone en riesgo a dicho taxa.</p> <p>En términos de la fauna, la diversidad en el AP cada uno de los grupos se considera de la siguiente manera: herpetofauna diversidad baja (<math>H'=1.70</math>), mastofauna diversidad de baja a media (<math>H'=2.1</math>) y el grupo de aves con una diversidad alta (<math>H'=3.26</math>).</p> <p>Para el grupo de las aves, el 35.2% del total de registros se ubicaron tanto en el SAR como en AP, mientras que el 52.11% solo se registraron en el SAR y solo 12.6% en el AP. De este grupo, se identificaron solo tres de ellas en categoría de riesgo: <i>Accipiter cooperii</i>, <i>Catharus mexicanus</i>, <i>Tilmatura dupontii</i>; las tres cuentan con una amplia representación en el territorio mexicano, así que es posible afirmar que no existirá afectación sobre las especies.</p>



Norma Oficial Mexicana	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
	5.3.6. Potencial de daño	<p>Como se ha mencionado, al NO requerir de cortina contenedora, pues los jales se depositarán tanto en tepetateras, como dentro del tajo, no hay posibilidad de daño a centros de población, ni a ecosistemas frágiles, especies en riesgo, suelos agropecuarios o cuerpos de agua.</p> <p>En el caso de polvos fugitivos, la modelación en el mayor escenario pesimista, arrojó que tampoco existe afectación a la población.</p> <p>Sin menos cabo de lo anterior, el diseño final podrá incorporar las disposiciones del Anexo Normativo 3, conforme al numeral 5.3.6.2 de la norma.</p>
<p>NOM-141-SEMARNAT-2003 Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales</p>	5.4. Criterios de preparación del sitio	<p>La preparación del sitio se realizará conforme al numeral 5.4.1, en virtud de que el acuífero no resulta vulnerable, las fuentes de agua se localizan más allá de 500 m de la huella final de los depósitos de jales y éstos, no afecta la calidad del agua subterránea.</p> <p>Sin menos cabo de lo anterior se dará cumplimiento a los numerales 5.4.4 y sus subíndices, como lo da muestra la incorporación de las actividades de rescate de vegetación y fauna, señaladas en las medidas de prevención y mitigación de impactos descritas en la presente MIA.</p>
	5.5. Criterios de proyecto	Estos criterios no resultan aplicables al proyecto, pues no es requerida la construcción de un bordo contenedor.
	5.6. Criterios de construcción-operación	Sin menos cabo de que no es requerido un bordo contenedor, los numerales 5.6.2 y 5.6.3 serán considerados en el diseño final.
	5.7. Criterios de postoperación	El diseño final de la presa, considerará las medidas del numeral 5.7.1, de tal forma que no se emitan partículas sólidas a la atmósfera, no existan escurrimientos que afecten cuerpos de agua superficiales y subterráneos.
	5.8. Monitoreo	Sin menos cabo de que no se estima la posibilidad de generación de drenaje ácido, se contará con pozos de monitoreo aguas arriba y aguas debajo de las áreas de depósito de jales (tepetateras y tajo).
<p>NORMA Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.</p>	Sección 5. Especificaciones	<p>En el caso de que se presentasen afectaciones al suelo, el promovente dará cumplimiento a la norma o bien se asegurará que lo hagan sus contratistas, no solo en cuanto a los Límites Máximos Permisibles, sino también en cuanto a los requerimientos para que el muestreo sea representativo.</p>

Norma Oficial Mexicana	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
NOM-157-SEMARNAT-2009, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.	Sección 5 Especificaciones	Conforme al ordenamiento de referencia, la promovente cumplirá desarrollando y presentando para autorización e implementando el Plan de Manejo que se desarrolle una vez que el proyecto entre en su fase de operación. Es importante señalar que, dado el tipo de proyecto, NO se desarrollaran piletas de lixiviación ni pileta de emergencia. El promovente ya ha realizado muestreo del material estéril, los cuales de acuerdo a lo señalado por Moose Mountain presentan concentraciones altas de calcio, lo que resulta en un potencial de neutralización neto.

### III.5. Planes o Programas de Desarrollo Urbano.

A la fecha de presentación de la MIA del Proyecto de MG, la nueva Administración del Ejecutivo Federal, no ha desarrollado el Plan Nacional de Desarrollo Urbano que corresponderá al sexenio 2018-2024; sin embargo no se contemplan modificaciones significativas con respecto al Plan previo, en cuanto a la priorización de un desarrollo nacional integral, ni en cuanto al reconocimiento de la vocación regional del territorio; sin embargo, MG será un participante activo en las mesas de diálogo que conforme el nuevo Ejecutivo Federal para la conformación del nuevo instrumento de planeación.

De igual manera, el Estado de Puebla inicia con una nueva Administración de su Poder Ejecutivo, por lo que MG será también participante activo en los grupos de trabajo que establezcan los nuevos lineamientos.

#### III.5.1. Plan Municipal de Desarrollo de Ixtacamaxitlán

Coincidentemente, la administración del Ayuntamiento Constitucional del municipio de Ixtacamaxitlán también inicia su período, por lo que en este momento no es posible establecer vinculación alguna con un inexistente PMD. Sin embargo, las administraciones previas han contemplado siempre el impulso a un crecimiento económico que aproveche las ventajas comparativas y competitivas del potencial productivo local. A fin de cuentas, la vinculación del proyecto con el PMD se realizará considerando el cuidado y protección de los recursos ambientales, así como el desarrollo económico.

### III.6. Leyes

#### III.6.1. Constitución Política del los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM).

Tabla III.5 Vinculación del proyecto Ixtaca con la CPEUM

Artículo	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<b>Artículo 4.</b> 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.	MG ha planeado el desarrollo de su proyecto ponderando criterios ambientales como lo es la captación y aprovechamiento del agua pluvial, de tal forma que no se compite por el uso del recurso con las poblaciones humanas. Así mismo, el mejoramiento integral de la región se dará en función de las acciones de compensación ambiental consideradas y descritas en el capítulo VII de la presente MIA.
<b>Artículo 25.</b> Al desarrollo económico nacional concurrirán, con responsabilidad social, el sector público, el sector social y el sector privado, sin menoscabo de otras formas de actividad económica que contribuyan al desarrollo de la Nación.	El Proyecto contribuirá en el ejercicio del Estado en alentar y proteger la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional, promoviendo la competitividad e implementando una política nacional para el desarrollo industrial

Artículo	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p>El sector público tendrá a su cargo, de manera exclusiva, las áreas estratégicas que se señalan en el artículo 28, (...).</p> <p>Asimismo, podrá participar por sí o con los sectores social y privado, de acuerdo con la ley, para impulsar y organizar las áreas prioritarias del desarrollo.</p>	<p>sustentable, contemplando el cumplimiento de normas, leyes y reglamentos que se encuentren vigentes por parte del promovente.</p>
<p><b>Artículo 27.</b> La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación (...)</p> <p>"la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal". (...)</p> <p>(...) Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos, pero si se localizaren en dos o más predios, el aprovechamiento de estas aguas se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten las entidades federativas</p>	<p>Para el desarrollo de las actividades, MG cuenta con las concesiones emitidas por la Secretaría de Economía para la explotación y aprovechamiento de los minerales de interés.</p> <p>Sin embargo, conforme al texto Constitucional, dichas concesiones NO incluyen el dominio sobre la superficie, por lo que se han establecido contratos de compra-venta, así como de arrendamiento, con los propietarios de los terrenos en donde se plantea la ejecución del proyecto.</p> <p>Así mismo, las aguas pluviales que pretende a provechar el proyecto, no constituyen Aguas Nacionales</p>

### III.6.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

Alguna de las finalidades de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (Diario Oficial de la Federación, última reforma publicada el 05/06/2018) es garantizar que la población mexicana viva en medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; puntualizar los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación, así como la preservación y protección de la biodiversidad, la gestión adecuada de las áreas naturales protegidas, y 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.

Algunos de los Artículos de esta Ley, aplicables al proyecto, se describen en la siguiente Tabla III.6.

*Tabla III.6. Vinculación con la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto ambiental*

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p><b>Artículo. 1.</b> La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la</p>	<p>El Proyecto a desarrollar cumple con este precepto, debido a que será desarrollado dentro del territorio nacional, y busca preservar el equilibrio ecológico y la</p>

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p>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.</p>	<p>protección al ambiente del área donde será desarrollado.</p>
<p><b>Artículo 5.</b> Son facultades de la Federación: X.- La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes;</p>	<p>El Proyecto cumple con este Artículo, al desarrollar los estudios conducentes para la integración de la Manifestación de Impacto Ambiental en un proyecto integral (incorporando en este estudio todas las partes que componen el Proyecto) y presentar ésta a la consideración de la Autoridad ambiental competente para su evaluación y resolución.</p>
<p><b>Artículo 15.</b> Para la formulación y conducción de la política ambiental 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:</p> <p>III.- Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico;</p> <p>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;</p>	<p>El Proyecto cumple con lo señalado en este Artículo, ya que, con el objeto de asumir la responsabilidad que le corresponde para proteger el equilibrio ecológico, el promovente desarrolla los estudios necesarios para integrar la Manifestación de Impacto Ambiental. A través de la identificación de los impactos ambientales propios del proyecto, asume las medidas de prevención, mitigación y compensación correspondientes, aplicando la normatividad existente en el país. Con estos elementos se favorece y garantiza que la población disfrute de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.</p>
<p><b>Artículo 28.</b> La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría.</p> <p>I.- Obras hidráulica (...)</p> <p>III.- Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;</p> <p>VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.</p>	<p>El proyecto Ixtaca cumple con lo señalado en este Artículo al desarrollar y presentar la Manifestación de Impacto Ambiental en modalidad Regional (MIA-Reg). De igual forma, en este documento, se proponen las medidas conducentes para cumplir con lo establecido en las diversas disposiciones jurídicas aplicables, asumiendo el compromiso de atender su cumplimiento en todas y cada una de las etapas de desarrollo del proyecto.</p>
<p><b>Artículo 30.</b> 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</p>	<p>El proyecto cumple con este Artículo al elaborar e ingresar ante la autoridad competente la Manifestación de Impacto Ambiental en modalidad Regional. Con ello se identifican los impactos ocasionados por el Proyecto y se establecen las medidas propias de prevención y mitigación por</p>

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p>podrían ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</p>	<p>cambio de uso de suelo, correspondientes, de acuerdo con los instrumentos jurídicos vigentes aplicables. Con lo cual el promovente, asume los compromisos de proteger el medio ambiente y favorecer el desarrollo sustentable. Por otra parte, debido a que se contempla la realización de actividades altamente riesgosas, Aplica la realización de un Estudio de Riesgo nivel 2.</p>
<p><b>Artículo 110.</b> Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:</p> <p>I.- La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y</p> <p>II.- Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.</p>	<p>Considerando que NO existen centros de población dentro del Área de Proyecto, MG ha incorporado en su diseño las mejores prácticas para evitar las emisiones de polvos fugitivos. Incluso, el resultado de la modelación de emisiones a la atmósfera, bajo un peor escenario, señala que las emisiones controladas no afectarán a los centros de población cercanos.</p> <p>En cuanto a las fuentes móviles que operen en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto, se han considerado medidas de mitigación para las emisiones causadas por la maquinaria que será empleada.</p>
<p><b>Artículo 117.</b> Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:</p> <p>I.- La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país;</p>	<p>El proyecto se apega y cumple con lo establecido en este apartado de la Ley, al proponer medidas de mitigación aplicables al factor agua.</p> <p>Con el fin de no contaminar aguas superficiales o subterráneas, el proyecto no considera descargas de aguas residuales o del proceso, además de que el agua utilizada durante el proceso será recirculada.</p>
<p><b>Artículo 134.</b> Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:</p> <p>I.- Corresponde al estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo;</p> <p>II.- Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos;</p> <p>III.- Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes.</p>	<p>El proyecto Ixtaca se apega a lo establecido en este precepto, al considerar en todo momento el manejo adecuado de los residuos que genere en todas sus etapas de desarrollo. Esto se complementa con lo señalado en el cuadro relativo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.</p>

### III.6.3. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

La Nueva Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 05/06/2018) ha sido considerada y en la Tabla III.7 se muestra la vinculación del Proyecto con esta Ley.

Tabla III.7. Vinculación con la LGDFS

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p><b>Artículo 10.</b> Son atribuciones de la Federación:                      (...) XXX. Expedir, por excepción, las autorizaciones de cambio de uso del suelo de los terrenos forestales (...)</p>	<p>El promovente presentará en su momento, la solicitud para la evaluación del Estudio Técnico Justificativo ante la Dirección General Forestal y de Suelos en la delegación estatal. A fin de obtener la autorización para el cambio de uso de suelo de los terrenos forestales comprendidos dentro del Área de Proyecto, conforme vayan siendo requeridos los diferentes polígonos.</p>
<p><b>Artículo 93.</b> La Secretaría autorizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.</p>	<p>En este caso se presentará el Estudio Técnico Justificativo para el cambio de uso de suelo, con la finalidad de demostrar que el proyecto no compromete la biodiversidad, ni incrementará la erosión de los suelos o el deterioro en la calidad del agua, así como tampoco disminuirá la captación de ésta.</p>

### III.6.4. Ley Minera (LM).

La Ley Minera (D.O.F. última reforma 11/08/2014) es reglamentaria del Artículo 27 constitucional en Materia Minera y sus disposiciones son de orden público y de observancia en todo el territorio nacional. Su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Economía. Los Artículos aplicables al proyecto se muestran en la siguiente Tabla III.8.

Tabla III.8 Vinculación con la Ley Minera

Artículo Aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p><b>Artículo 2.</b> Se sujetarán a las disposiciones de esta Ley, la exploración, explotación, y beneficio de los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, así como de las salinas formadas directamente por las aguas marinas provenientes de mares actuales, superficial o subterráneamente, de modo natural o artificial y de las sales y subproductos de éstas.</p>	<p>El presente proyecto se apega a las disposiciones contempladas en el ordenamiento, en función de su pretendido aprovechamiento de sustancias reservadas a la Federación, para lo cual cuenta con las concesiones otorgadas en el marco de la ley citada.</p>
<p><b>Artículo 39.</b> Referido al cuidado del medio ambiente en términos de la legislación y normatividad en la minería.</p>	<p>MG cuenta en su planilla con un especialista en materia de seguridad y medio ambiente, a fin de garantizar el cumplimiento de la legislación y normatividad aplicable al proyecto, así como las</p>

Artículo Aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
	medidas de prevención y mitigación contempladas en el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA).

### III.6.5. Ley de Aguas Nacionales (LAN).

La Ley de Aguas Nacionales (LAN), es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. En la Tabla III.9 se muestra la vinculación del Proyecto con la LAN.

Tabla III.9. Vinculación con la Ley de Aguas Nacionales.

Artículo Aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p><b>Artículo 3.</b> Para los efectos de esta Ley se entenderá por:</p> <p>I. "Aguas Nacionales". Son aquellas referidas en el Párrafo Quinto del Artículo 27 de la CPUEM.</p> <p>XX. "Delimitación de cauce y zona federal": Trabajos y estudios topográficos, batimétricos, fotogramétricos, hidrológicos e hidráulicos, necesarios para la determinación de los límites del cauce y la zona federal;</p> <p>XLVII. "Ribera o Zona Federal": Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias.</p>	<p>Conforme a la definición señalada en Ley y en la CPEUM, las aguas pluviales que pretende aprovechar el Proyecto no constituyen Aguas Nacionales.</p> <p>Los cauces tributarios (Arroyo el tecolote, Río Tuligtic) y "Sin nombre" que cruzan el área de proyecto, serán desviados a fin de mantener el curso de agua intermitente.</p>
<p><b>Artículo 14 BIS 5.</b> Los principios que sustentan la política hídrica nacional son:</p> <p>VII. El Ejecutivo Federal se asegurará que las concesiones y asignaciones de agua estén fundamentadas en la disponibilidad efectiva del recurso en las regiones hidrológicas y cuencas hidrológicas que correspondan, e instrumentará mecanismos para mantener o reestablecer el equilibrio hidrológico en las cuencas hidrológicas del país y el de los ecosistemas vitales para el agua;</p> <p>IX. La conservación, preservación, protección y restauración del agua en cantidad y calidad es asunto de seguridad nacional, por tanto, debe evitarse el aprovechamiento no sustentable y los efectos ecológicos adversos;</p> <p>XVII. Las personas físicas o morales que contaminen los recursos hídricos son</p>	<p>El promovente instalara un sistema de captación de agua de lluvia para ser utilizada durante el proceso de beneficio.</p> <p>Este sistema ha contemplado la no afectación del caudal ecológico, en función de que únicamente será utilizada una pequeña porción del volumen almacenado, permitiendo un mejor manejo del agua, corriente abajo.</p> <p>El agua utilizada en el proceso se recirculará dado que se instalará el sistema de circuito cerrado.</p>



Artículo Aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
responsables de restaurar su calidad, y se aplicará el principio de que "quien contamina, paga", conforme a las Leyes en la materia;	
<p><b>Artículo 14 BIS 5.</b> Los principios que sustentan la política hídrica nacional son:</p> <p>IX. La conservación, preservación, protección y restauración del agua en cantidad y calidad es asunto de seguridad nacional, por tanto, debe evitarse el aprovechamiento no sustentable y los efectos ecológicos adversos;</p> <p>XVII. Las personas físicas o morales que contaminen los recursos hídricos son responsables de restaurar su calidad, y se aplicará el principio de que "quien contamina, paga", conforme a las Leyes en la materia;</p>	<p>Las obras complementarias, así como las medidas de mitigación que se sugieren para el Proyecto, tendrán en cuenta evitar el deterioro de los ríos aledaños y aquellos que cruzan al Área de Proyecto.</p>

### III.6.6. Ley General de Vida Silvestre (LGVS).

Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat. En la siguiente Tabla III.10 se muestra la vinculación del proyecto con la LGVS (última reforma al 19 del 01 de 2018).

Tabla III.10. Vinculación del Proyecto con la LGVS.

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p><b>Artículo 18.</b> Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento.</p> <p>Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.</p>	<p>Si bien MG no pretende el aprovechamiento de recursos de vida silvestre, el desarrollo del presente Proyecto contempla medidas que garanticen la preservación de la vida silvestre. Se implementarán programas de rescate y reubicación de especies de flora y fauna con el fin de reducir los efectos que el Proyecto pueda ocasionar sobre la vida silvestre.</p>
<p><b>Artículo 19</b> Las autoridades que, en el ejercicio de sus atribuciones, deban intervenir en las actividades relacionadas con la utilización del suelo, agua y demás recursos naturales con fines agrícolas, ganaderos, piscícolas, forestales y otros, observarán las disposiciones de esta Ley y las que de ella se deriven, y adoptarán las medidas que sean necesarias para que dichas actividades se lleven a cabo de modo que se eviten,</p>	

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
prevengan, reparen, compensen o minimicen los efectos negativos de las mismas sobre la vida silvestre y su hábitat.	
<b>Artículo 27 Bis.-</b> No se permitirá la liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas invasoras.	Los Programas de rescate y liberación tendrán el debido cuidado de reubicar las especies rescatadas en las áreas adecuadas que el estudio de flora y fauna previo determine como propias de su distribución natural.
<b>Artículo 31.</b> Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.	El rescate y reubicación de fauna silvestre será llevado a cabo por técnicos que tengan conocimientos sobre el manejo, traslado y reubicación de individuos. Se utilizarán medidas e instrumentos adecuados para cuidar la integridad de las especies rescatadas.
<b>Artículo 106.</b> Menciona que toda persona que cause daños a la vida silvestre o su hábitat en contravención de lo establecido en la presente Ley o en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, estará obligada a repararlos.	Se tomarán en cuenta las categorías de riesgo establecidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, para las especies encontradas en el espacio cuyo uso de suelo será modificado por la remoción de vegetación.

### III.6.7. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA).

La presente Ley (D.O.F. 07/06/2013) regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el Artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

Los preceptos de este ordenamiento son reglamentarios del Artículo 4o. Constitucional, de orden público e interés social y tienen por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental.

El régimen de responsabilidad ambiental reconoce que el daño ocasionado al ambiente es independiente del daño patrimonial sufrido por los propietarios de los elementos y recursos naturales. Reconoce que el desarrollo nacional sustentable debe considerar los valores económicos, sociales y ambientales.

En la Tabla III.11 se muestra la vinculación de la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental con el proyecto Ixtaca.

*Tabla III.11 Vinculación del proyecto con Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.*

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<b>Artículo 6.</b> No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de:	A través de los estudios presentados se da cabal cumplimiento a lo que señala el precepto invocado, por lo que se estará a la resolución de la SEMARNAT para iniciar las actividades que se describen para este proyecto, de tal forma que no

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p>I. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría.</p>	<p>se generará afectación alguna con anterioridad a su autorización y evaluación.</p>
<p><b>Artículo 10.-</b> Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley.          De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente</p>	
<p><b>Artículo 13.-</b> La reparación de los daños ocasionados al ambiente consistirá en restituir a su Estado Base los hábitat, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, sus condiciones químicas, físicas o biológicas y las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como los servicios ambientales que proporcionan, mediante la restauración, restablecimiento, tratamiento, recuperación o remediación.          La reparación deberá llevarse a cabo en el lugar en el que fue producido el daño.</p>	

### III.6.8. Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos (LFAFE).

Tabla III.12 Vinculación del proyecto con la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos

<b>Artículos de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos            (D.O.F. 12/11/15)</b>	
Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p><b>Artículo 40.</b> Las actividades industriales y comerciales relacionadas con armas, municiones, explosivos y demás objetos que regula esta Ley, se sujetarán a las disposiciones que dicte la Secretaría de la Defensa Nacional. Cuando el material sea para el uso exclusivo de la Armada de México, esas actividades se sujetarán a las disposiciones de la Secretaría de Marina.</p>	<p>El gestionará el permiso correspondiente para la compra, almacenamiento y consumo de material explosivo, a través este permiso el promovente dará cumplimiento a las disposiciones establecidas en este instrumento.</p>
<p><b>Artículo 41.</b> - Las disposiciones de este título son aplicables a todas las actividades relacionadas con las armas, objetos y materiales que a continuación se mencionan:</p>	
<p>III.- POLVORAS Y EXPLOSIVOS</p>	

Artículos de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos (D.O.F. 12/11/15)	
Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
o).-Nitrocarbonitratos (explosivos al nitrato de amonio);	

### III.6.9. Ley General de Cambio climático (LGCC).

La presente Ley (D.O.F. 13/07/2018) es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la CPEUM en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

La vinculación el proyecto con este instrumento se presenta en el siguiente Tabla III.13.

Tabla III.13 Vinculación del proyecto con la LGCC.

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p><b>Artículo 26.</b> En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de:</p> <p>I. Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran;</p> <p>II. Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático;</p> <p>III. Precaución, cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, la falta de total certidumbre científica no deberá utilizarse como razón para posponer las medidas de mitigación y adaptación para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático;</p> <p>IV. Prevención, considerando que ésta es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático;</p> <p>(...)</p> <p>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;</p> <p>(...)</p> <p>XI. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los</p>	<p>Si bien no corresponde a MG formular la política nacional de cambio climático, el proyecto promovido se vincula en los aspectos de:</p> <p>I. Se hace un aprovechamiento mínimo del recurso agua pluvial y se posibilita que las comunidades vecinas hagan uso constante de dicho recurso.</p> <p>II. El embalsamiento que aportará el agua para el proceso minero permitirá evitar inundaciones derivadas de precipitaciones máximas, reduciendo la vulnerabilidad de la población.</p> <p>III. El proyecto no contempla amenazas de daño grave o irreversible, así como tampoco existe incertidumbre en cuanto a los impactos ambientales potenciales.</p> <p>IV. La presentación de esta MIA responde al principio de prevención considerado en esta Ley.</p> <p>(...)</p> <p>VIII. La presente MIA incluye las medidas de prevención y mitigación a los posibles impactos identificados. Así mismo y con base en el texto de la LGEEPA, MG presentará una garantía ambiental, así como su sustento técnico-económico.</p> <p>(...)</p> <p>XI. El Proyecto no tiene interacción con ninguno de los ecosistemas señalados en el artículo de referencia.</p>

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad; (...)	
<b>Artículo 88.</b> Las personas físicas y morales responsables de las fuentes sujetas a reporte están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios sobre sus emisiones directas e indirectas para la integración del Registro.	
<b>Artículo 89.</b> Las personas físicas o morales que lleven a cabo proyectos o actividades que tengan como resultado la mitigación o reducción de emisiones, podrán inscribir dicha información en el Registro, conforme a las disposiciones reglamentarias que al efecto se expidan.  La información de los proyectos respectivos deberá incluir, entre otros elementos, las transacciones en el comercio de emisiones, ya sea nacional o internacional de reducciones o absorciones certificadas, expresadas en toneladas métricas y en toneladas de bióxido de carbono equivalente y la fecha en que se hubieran verificado las operaciones correspondientes; los recursos obtenidos y la fuente de financiamiento respectiva.  Las disposiciones reglamentarias de la presente Ley establecerán las medidas para evitar la doble contabilidad de reducciones de emisiones que se verifiquen en el territorio nacional y las zonas en que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción, considerando los sistemas y metodologías internacionales disponibles	El Promovente dará cumplimiento a lo establecido en dichos Artículo a través de la Cédula de Operación Anual.

### III.6.10. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

Esta Ley tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación. A continuación, en la Tabla III.14 se describe la vinculación del Proyecto con la LGPGIR.

Tabla III.14. Vinculación con la LGPGIR.

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
En sus <b>Artículos 18, 19</b> fracción VII, 21 fracciones I a la VII, <b>30, 31, 44, 45, 47, 48, 67, 68, 69</b> , relacionados con la clasificación de los residuos peligrosos y los generadores de ellos, su manejo,	La presente Ley está muy vinculada con el Proyecto ya que durante las diferentes etapas se generarán diferentes tipos de residuos, por la que se contempla la aplicación de medidas preventivas

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
las prohibiciones, la responsabilidad por la contaminación de un sitio y la reparación de daños, así como las acciones de remediación conforme a lo dispuesto en la legislación ambiental.	y mitigación, para el mantenimiento, colecta y almacenamiento y su adecuada disposición.

### III.6.11. Ley de Derechos, Cultura y Desarrollo de los Pueblos y Comunidades Indígenas del Estado de Puebla (LDPIEP)

Tabla III.15 Vinculación con la Ley de Derechos, Cultura y Desarrollo de los Pueblos y Comunidades Indígenas del Estado de Puebla

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<b>Artículo 5:</b> Para la plena identificación de los integrantes de los Pueblos y Comunidades Indígenas y a efecto de garantizar su atención, los Gobiernos Estatal y Municipales establecerán desde sus respectivos ámbitos de competencia, el registro del padrón de las Comunidades Indígenas del Estado.	MG procedió a la consulta con el Gobierno Estatal sobre el padrón referido, así como a la presencia de grupos indígenas que contasen con una forma de gobierno autónoma, a la vez de que se acudió a la base de datos del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, de igual manera. El resultado permitió sustentar la no vinculación con el proyecto.

## III.7.Reglamentos

### III.7.1. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) (DOF, última reforma 31/10/2014) es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal. A continuación, en la Tabla III.16. se muestra la vinculación del proyecto con este Reglamento.

Tabla III.16. Vinculación del proyecto con el REIA.

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<b>Artículo 5.</b> En el cual se establecen las obras y actividades que requerirán de autorización en materia de Impacto Ambiental, en sus incisos:  A) Presas de almacenamiento con capacidad mayor a un millón de metros cúbicos (...)  (...)  L) Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación:	El promovente presenta ante las autoridades la solicitud para la evaluación de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional por las actividades de construcción y operación de una presa de almacenamiento de agua, así como por la explotación y beneficio de minerales y sustancias reversadas a la Federación, así como por el impacto derivado del cambio de uso de suelo de terrenos cubiertos por vegetación forestal.

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p>I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo;</p> <p>O) Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas:</p> <p>II. Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso, con excepción de las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar, que se realicen en predios con pendientes inferiores al cinco por ciento, cuando no impliquen la agregación ni el desmonte de más del veinte por ciento de la superficie total y ésta no rebase 2 hectáreas en zonas templadas y 5 en zonas áridas.</p>	
<p><b>Artículo 11.</b> El cual establece en qué casos debe presentarse una Manifestación de Impacto Ambiental en la modalidad Regional; en el caso de este Proyecto incide en la establecido en la Fracción IV del Artículo 11, el cual establece que:</p> <p><i>“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”</i></p>	<p>El promovente presenta ante la autoridad la presente MIA- Reg con la finalidad de que se conozcan los tipos de los posibles impactos generados por el proyecto y demostrar que éstos no comprometen los recursos naturales presentes en el Área del Proyecto ni el ecosistema.</p>

### III.7.2. Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera

El Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (RPCCA) ((D.O.F. última reforma 31/10/2014) rige a todo el territorio nacional y las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Reglamenta a la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera (ver Tabla III.17. ).

Tabla III.17. Vinculación del proyecto con el RPCCA.

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<p><b>Artículo 10.</b> Serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del Reglamento y de las normas técnicas ecológicas que de él se deriven, las personas físicas o morales, públicas o privadas, que pretendan realizar o que realicen obras o actividades por las que se emitan a la atmósfera olores, gases o partículas sólidas o líquidas.</p>	<p>El proyecto empleará maquinaria de excavación y transporte de materiales, cuyas emisiones contaminantes serán sujetas de control y monitoreo correspondientes conforme lo establecido en el Reglamento y normas asociadas.</p>
<p><b>Artículos 13. II.-</b> Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas o controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.</p>	<p>En el proyecto se implementarán y dará seguimiento un programa para la prevención, mitigación y control de las emisiones de contaminantes a la atmósfera que se aplicará durante toda la vida útil del proyecto.</p>

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<b>Artículo 28.</b> Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que expida la Secretaría en coordinación con las secretarías de Economía y de Energía, tomando en cuenta los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente determinados por la Secretaría de Salud.	La maquinaria y vehículos utilizados en el proyecto estarán bajo un programa de verificación y mantenimiento dentro de las medidas de mitigación que son propuestas en este estudio que darán cumplimiento a lo estipulado por este Reglamento.

### III.7.3. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Es importante resaltar que, a la fecha de presentación de esta MIA, no se ha publicado el Nuevo Reglamento derivado de la Nueva LGDFS, por lo que la vinculación se realiza con respecto al último ordenamiento publicado en el DOF en su última reforma del 31/10/2014.

En su Artículo 2 el reglamento referido, marca la logística para realizar las solicitudes a las que hace referencia la Ley. Así mismo, en su Capítulo Segundo, respecto al cambio de uso de suelo en los terrenos forestales, señala en sus Artículos 121, 122, 123 y 123-Bis, las características de los proyectos y los aspectos a considerar en los Estudios Técnicos Justificativos a los que se hace referencia en la Ley y su Reglamento, como también la forma y tiempos en los que la Secretaría resolverá las solicitudes de cambio de uso del suelo en terrenos forestales.

### III.7.4. Reglamento de Ley General de Vida Silvestre

El reglamento de la Ley de Vida Silvestre establece los requisitos que deberán contar las personas que pretendan realizar cualquier actividad relacionada con hábitats, especies, partes o derivados de vida silvestre.

El Proyecto se vincula con el reglamento antes citado, debido a que se deberá presentar la solicitud correspondiente ante la Secretaría, en los formatos que para tal efecto establezca y además de precisar que, de la fauna existente en la región, se implementarán todos los medios posibles para que no sufran ninguna alteración por motivo de la realización del presente Proyecto, siempre cuidando y preservando el hábitat natural existente en consideración de la normatividad ambiental aplicable.

Así mismo, el Reglamento de la LGVS contiene diversas disposiciones, las cuales, en su conjunto, disponen el cómo aplicar los ordenamientos de la Ley; para los objetivos de evidenciar cómo el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) solicitado incide o no incide sobre el equilibrio de las poblaciones de la fauna silvestre en el espacio físico donde se realizará la remoción de vegetación –y, con ello, determinar si se compromete o no la biodiversidad-, en tal sentido y toda vez que la propia LGVS tiene como objetivo establecer la congruencia del Gobierno Federal, de los Gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana, y dado que con el CUSTF cuya autorización se solicita no se pretende realizar ningún tipo de aprovechamiento (en las diferentes acepciones que definen ambos ordenamientos – LGVS y su reglamento –, resultan de importancia indirecta los preceptos contenidos en el Título tercero y, se destaca que en el espacio



geográfico de interés, no se encuentra establecido ningún Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre, que pudiera recibir efectos negativos derivados de la remoción de la vegetación que se pretende realizar; de igual forma no se tiene registro de la operación de alguna Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre a Unidad de Manejo, consecuentemente y por lo antes expuesto, se afirma que con la iniciativa sometida a evaluación de la autoridad en el presente estudio, no se prevé que pudiera comprometerse la biodiversidad.

### III.7.5. Reglamento de Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

En la Tabla III.18 se muestra la vinculación del Proyecto con la LGPGIR.

*Tabla III.18. Vinculación con el reglamento de la LGPGIR.*

Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
Este reglamento indica las condiciones y acciones que debe seguir el pequeño y microgenerador de residuos; así mismo indica las características que debe tener un sitio de almacenamiento temporal para los RSP's, e indica la necesidad de contratar a una empresa especializada y autorizada para su manejo y disposición final.	La vinculación existente es respecto a la identificación y manejo integral de los residuos, que se puedan generar en las diferentes etapas del Proyecto, así como también la forma adecuada de disponerlos temporalmente hasta su disposición final. A fin de dar cumplimiento el promovente establecerá programas que para el manejo integral de los residuos a generar por el Proyecto.

### III.8. Tratados y Convenios Internacionales

La vinculación del Proyecto con los Tratados y Convenios internacionales para la protección al medio ambiente se muestra en la siguiente Tabla III.19.

*Tabla III.19. Vinculación con los tratados y convenios internacionales*

Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ANCAN)	
Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
<b>Artículo 2.</b> Compromisos generales:  1.- Con relación a su territorio, cada una de las partes: (e) evaluará los impactos ambientales, cuando proceda.	El Proyecto cumple con este precepto pues está contribuyendo con la autoridad ambiental para la evaluación de los impactos ambientales conforme a lo estipulado.
Carta Mundial de la Naturaleza	
Artículo aplicable	Vinculación entre el instrumento y el Proyecto
En este documento se afirma que “las actividades que puedan entrañar graves peligros para la naturaleza serán precedidas de un examen a fondo”, añadiendo en su <b>Principio 11</b> , apartado C, que: “Las actividades que puedan perturbar la naturaleza serán precedidas de una evaluación de sus consecuencias y se realizarán con suficiente antelación estudios de los efectos que puedan tener los proyectos de desarrollo sobre la naturaleza...”	El Proyecto cumple con este precepto realizando el presente estudio, previo al desarrollo de la obra, como lo establece el principio 11.

<b>Declaración de Río</b>	
<b>Artículo aplicable</b>	<b>Vinculación entre el instrumento y el Proyecto</b>
“Deberá emprenderse una evaluación de impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente”.	El Proyecto cumple con este precepto realizando y sometiendo a evaluación el presente estudio, ante la autoridad ambiental competente.
<b>Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)</b>	
<b>Artículo aplicable</b>	<b>Vinculación entre el instrumento y el Proyecto</b>
Es un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos. Tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituye una amenaza para su supervivencia.	Si bien, el proyecto no pretende la comercianización de ninguna especie, se vincula poniendo atención a los listados faunísticos al compararlos con los Apéndices I, II y III de CITES, verificando la existencia de cualquiera de los taxa reconocidos en el AP o SAR, dentro de estas listas, a las cuales se les dará debida atención dentro de los programas de rescate y reubicación.

### III.9. Acuerdos

#### III.9.1. ACUERDO por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación

El objetivo principal de este Acuerdo<sup>6</sup> es promover la conservación de otras especies y hábitat críticos por medio de la conservación de un número razonable y atendible de especies de importancia crucial, que permitan extender los beneficios logrados a otros hábitat y especies, asimismo la protección de áreas naturales y especies silvestres son estrategias complementarias para asegurar la permanencia, integridad ecológica y viabilidad evolutiva de la biodiversidad.

En este sentido y con la finalidad de proteger la riqueza de especies de fauna que hay en el AP, el promovente implementará acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación con énfasis para las especies de fauna mencionadas en este listado<sup>7</sup>, *Crotalus ravus* (Víbora cascabel pigmea mexicana), *Lepus Callotis* (liebre torda) y *Glaucomys volans* (Ardilla voladora) además de las listadas en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNTA-2010. A su vez esto permitirá la conservación de otras especies asociadas al mismo tipo de hábitat. No esta demás mencionar que, en caso de existir una estrategia complementaria del gobierno mexicano para la conservación de estas especies, el promovente atenderá y realizará las acciones pertinentes para su conservación.

<sup>6</sup> (SEMARNAT) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. ACUERDO por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación. Diario Oficial de la Federación 05/03/2014. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/index.php?year=2014&month=03&day=05>

<sup>7</sup> Se aclara que este listado de especies no es una lista de especies en riesgo (materia de la NOM-059-SEMARNAT-2010), sino que se trata de una lista de especies que ofrecen oportunidades para dar mayor alcance a los esfuerzos de conservación. Las especies en este listado pueden o no estar en alguna de las categorías de riesgo.

### **III.9.2. Acuerdo de Coordinación para la ejecución del Programa de Infraestructura Indígena, que celebran la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas y el Estado de Puebla (D.O.F. 16 de abril de 2018)**

Este Acuerdo tiene por objeto la ejecución de obras del Programa con el Gobierno del estado de Puebla, conforme a las Reglas de Operación a ser realizadas durante y con los recursos del ejercicio fiscal 2018. En este Acuerdo no se considera al municipio de Ixtacamaxtitlán dentro del Programa para la asignación de recursos por no ser un municipio indígena.

### **III.10. Zonas arqueológicas**

Con el fin de contar con la certeza de realización de los trabajos, Minera Gorrión, S.A. de C.V., colaboró con las instancias correspondientes, encontrando que, de manera general, no se han documentado evidencias que pongan en riesgo o afecte patrimonio arqueológico en el área estudiada.

Página intencionalmente dejada en blanco.



CORPORACIÓN AMBIENTAL DE MÉXICO

Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.  
Patricio Sanz #1609, Torre 2, Piso 6  
Col. Del Valle Sur, Del. Benito Juárez  
Ciudad de México, C.P. 03100  
[mexico@cam-mx.com](mailto:mexico@cam-mx.com)  
Tels. +52 (55) 5538.0727  
+52 (55) 5538.4693

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

### Contenido

IV.1. Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende ubicarse el proyecto .....	7
IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional.....	7
IV.2.1. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental de SAR.....	8
IV.3. Elementos del ambiente. ....	9
IV.3.1. Medio abiótico .....	9
IV.3.1.1. Clima y fenómenos meteorológicos.....	9
IV.3.1.2. Geomorfología y fisiografía .....	17
IV.3.1.3. Geología .....	17
IV.3.1.4. Suceptibilidad a fenómenos geológicos .....	21
IV.3.1.5. Suelos.....	32
IV.3.1.6. Agua superficial y subterránea .....	46
IV.3.2. Medio biótico .....	55
IV.3.2.1. Vegetación .....	55
IV.3.2.2. Fauna.....	114
IV.3.2.3. Paisaje .....	153
IV.3.3. Medio socioeconómico .....	159
IV.3.3.1. Región socioeconómica .....	159
IV.3.3.2. Número y densidad de habitantes por núcleo de población identificado.....	160
IV.3.3.3. Densidad de población.....	164
IV.3.3.4. Tipo de centro de población conforme al esquema de sistema de ciudades .....	164
IV.3.3.5. Índice de pobreza.....	165
IV.3.3.6. Índice de alimentación, expresado en la población que cubre el mínimo alimenticio .....	166
IV.3.3.7. Disposición final de residuos .....	167
IV.3.3.8. Luz eléctrica.....	168
IV.3.3.9. Agua entubada.....	169
IV.3.3.10. Drenaje.....	170
IV.3.3.11. Reservas territoriales para desarrollo urbano .....	171
IV.3.3.12. Demografía .....	172
IV.3.3.13. Tasa de crecimiento de la población. ....	174
IV.3.3.14. Migración en Ixtacamaxtitlán .....	175
IV.3.3.15. Morbilidad y mortalidad y sus posibles causas. ....	176
IV.3.3.16. Aspectos económicos.....	179
IV.3.3.17. Factores socioculturales.....	181

IV.4. Diagnóstico ambiental .....	186
-----------------------------------	-----

## Tablas

Tabla IV.1. Información general de la estación meteorológica.....	9
Tabla IV.2. Temperatura media mensual (°C). .....	13
Tabla IV.3. Precipitación total mensual (mm). .....	13
Tabla IV.4. Estaciones meteorológicas consideradas.....	34
Tabla IV.5. Valor de K estimado en función del suelo y textura. ....	35
Tabla IV.6. Valor de C estimado en función de la vegetación y cultivos. ....	36
Tabla IV.7. Erosión hídrica en el SAR y AP. ....	37
Tabla IV.8. Valor CATEX estimado en función del suelo y textura.....	40
Tabla IV.9. Valor de CAUSO estimado en función de la vegetación y cultivos. ....	40
Tabla IV.10. Erosión eólica en el SAR y AP. ....	41
Tabla IV.11. Tierras frágiles en el SAR y AP. ....	42
Tabla IV.12. Ecurrimientos de agua cercanos al proyecto. ....	47
Tabla IV.13. Datos balance hídrico del acuífero Tecolutla (3002).....	52
Tabla IV.14. Usos de suelo y vegetación dentro del SAR, conforme con la Serie V de INEGI... 61	61
Tabla IV.15. Usos de suelo y vegetación dentro en el AP .....	61
Tabla IV.16. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo en el SAR. ....	69
Tabla IV.17. Listado de las especies en el SAR en alguna categoría de conservación. ....	76
Tabla IV.18. Parámetros ecológicos para el estrato arbóreo del bosque de táscate del SAR....	84
Tabla IV.19. Parámetros ecológicos para el estrato arbustivo del bosque de táscate del SAR..	85
Tabla IV.20 Resultados de los índices de diversidad del grupo de las herbáceas del boque de táscate del SAR.....	86
Tabla IV.21 Resultados de los índices de diversidad del estrato arbóreo del bosque de pino del SAR.....	87
Tabla IV.22 Resultados de los cálculos de diversidad del estrato arbustivo del bosque de pino del SAR.....	88
Tabla IV.23. Resultados de los cálculos de diversidad para el estrato herbáceo del bosque de pino para el SAR. ....	89
Tabla IV.24. Resultados para el estrato arbustivo de pastizal inducido en el SAR.....	90
Tabla IV.25. Resultados para el estrato herbáceo del pastizal inducido en el SAR. ....	91
Tabla IV.26. Resultados del estrato arbóreo de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate en el SAR.....	92
Tabla IV.27. Resultados del estrato arbustivo de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate en el SAR.....	93
Tabla IV.28. Resultados del estrato herbáceo de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate en el SAR.....	94
Tabla IV.29. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo en el AP.....	96
Tabla IV.30 Listado taxonómico de flora para el AP. ....	98
Tabla IV.31. Resultados de los cálculos de los índices de diversidad del estrato arbóreo de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate del AP. ....	100
Tabla IV.32. Listado de las especies en el AP en alguna categoría de conservación. ....	102
Tabla IV.33. Resultados de los cálculos de índices de diversidad del estrato arbustivo de la Vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate del AP.....	105
Tabla IV.34. Resultados de los cálculos de índices de diversidad del estrato herbáceo de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate del AP. ....	106
Tabla IV.35. Especies encontradas en AP no encontradas en SAR consideradas como malezas. ....	107

Tabla IV.36. Especies encontradas en AP no encontradas en SAR consideradas como endémicas.....	108
Tabla IV.37. Especies encontradas en AP no encontradas en SAR consideradas en el Apéndice II de CITES.....	108
Tabla IV.38. Especies encontradas en AP no encontradas en SAR, pero de uso común o distribuidas ampliamente.....	108
Tabla IV.39. Resultados de los cálculos de diversidad para el estrato arbóreo del pastizal inducido del AP. ....	108
Tabla IV.40. Resultados de los cálculos de diversidad para el estrato arbustivo del pastizal inducido del AP. ....	109
Tabla IV.41. Resultados de los cálculos de diversidad para el estrato herbáceo del pastizal inducido del AP. ....	110
Tabla IV.42. Especies registradas en el SAR o AP con algún estatus de riesgo.....	112
Tabla IV.43. Transectos de colecta para herpetofauna en el SAR y AP .....	125
Tabla IV.44. Análisis de diversidad para la herpetofauna del SAR. ....	126
Tabla IV.45. Estatus de riesgo y endemismo de las especies de la herpetofauna en el SAR. ...	127
Tabla IV.46. Transectos de colecta para Mastofauna en el SAR y AP.....	128
Tabla IV.47. Análisis de diversidad de la mastofauna del SAR.....	129
Tabla IV.48. Estatus de conservación y endemismo de la mastofauna del SAR. ....	130
Tabla IV.49. Transectos de colecta para Ornitofauna en el SAR y AP.....	130
Tabla IV.50. Análisis de diversidad de la ornitofauna en el SAR.....	131
Tabla IV.51. Estatus de conservación y endemismo de la ornitofauna en el SAR. ....	134
Tabla IV.52. Diversidad de la herpetofauna en el AP. ....	138
Tabla IV.53. Especies de herpetofauna en AP y compartidas con SAR en algún estatus de riesgo .....	139
Tabla IV.54. Diversidad de la mastofauna en el AP.....	139
Tabla IV.55. Diversidad de la ornitofauna en el AP.....	140
Tabla IV.56. Especies de ornitofauna presentes en AP y SAR con endemismo.....	141
Tabla IV.57. Especies de ornitofauna en el AP no registradas en el SAR .....	142
Tabla IV.58. Especies de la ornitofauna en el AP en categoría de riesgo.....	142
Tabla IV.59. Lista de especies registradas en el SAR y el AP. ....	144
Tabla IV.60. Especies de aves .....	150
Tabla IV.61. Especies de fauna en SAR-AP, SAR y AP en categoría de riesgo .....	152
Tabla IV.62. Visibilidad en el SAR. ....	154
Tabla IV.63. Calidad visual en el SAR.....	155
Tabla IV.64. Fragilidad visual en el SAR. ....	155
Tabla IV.65. Municipios de Puebla de acuerdo a los estratos de mayor a menor ventaja relativa. ....	159
Tabla IV.66. Tipos de AGEBs y su clasificación en Urbanas y Rurales, edo de Puebla .....	160
Tabla IV.67. Ventaja relativa por tipo de AGEBs, Ixtacamaxtitlán, Puebla.....	160
Tabla IV.68. Población de la zona núcleo del proyecto Ixtaca. ....	161
Tabla IV.69. Población dentro del Área de Influencia Directa del proyecto, Entidad Puebla, Clave de la entidad 21 .....	162
Tabla IV.70. Densidad de Población en el área de influencia del Proyecto Ixtaca. ....	164
Tabla IV.71. Población por grados de marginación, zona de atención prioritaria.....	164
Tabla IV.72. Comunidades del Municipio de Ixtacamaxtitlán pertenecientes al área de influencia del proyecto Ixtaca. ....	165
Tabla IV.73. Porcentaje de pobreza, pobreza media, pobreza extrema en el Municipio de Ixtacamaxtitlán. ....	165
Tabla IV.74. Grado de marginación y lugar que ocupa a nivel nacional el Municipio de Ixtacamaxtitlán. ....	166

Tabla IV.75 Costo de la Canasta Alimentaria Rural.....	166
Tabla IV.76 Porcentaje de personas con carencias por acceso a la alimentación, con ingresos inferiores a la línea de bienestar.....	167
Tabla IV.77 Total de beneficiarios SEDESOL.....	167
Tabla IV.78 Tomas instaladas de energía en el Municipio de Ixtacamaxtitlán .....	168
Tabla IV.79 Viviendas habitadas en el Municipio de Ixtacamaxtitlán y el área de influencia ....	168
Tabla IV.80 Viviendas habitadas en el Municipio de Ixtacamaxtitlán y el área de influencia zona núcleo y directa del proyecto Ixtaca (Fuente: ITER 2010). .....	168
Tabla IV.81 Fuentes de abastecimiento y volumen promedio diario de extracción de agua por municipio según principales tipos de fuente 2014.....	169
Tabla IV.82 Tomas de agua en operación para abastecimiento público por municipio según fuente de abastecimiento al 31 de diciembre de 2012.....	169
Tabla IV.83 Viviendas habitadas que disponen de agua entubada en el municipio de Ixtacamaxtitlán .....	169
Tabla IV.84 Viviendas habitadas que disponen de agua entubada en el área de influencia del proyecto Ixtaca.....	170
Tabla IV.85 Viviendas habitadas que disponen de drenaje en el Municipio de Ixtacamaxtitlán	170
Tabla IV.86 Viviendas habitadas que disponen de drenaje en el área de influencia del proyecto Ixtaca. ....	171
Tabla IV.87 Reservas Territoriales - Puebla - Por contorno.....	171
Tabla IV.88. Población de Ixtacamaxtitlán de 1980 a 2015. ....	172
Tabla IV.89. Población de área de influencia del 1990 a 2015. ....	173
Tabla IV.90 Población del área de influencia del Proyecto Ixtaca por grupos de edad. ....	173
Tabla IV.91. Tasa de Crecimiento de la población y migración del estado de Puebla de 2010 a 2030.....	174
Tabla IV.92. Migración en Ixtacamaxtitlán en el área núcleo y área de influencia directa. ....	175
Tabla IV.93. Causas de Morbilidad en el Estado de Puebla. ....	176
Tabla IV.94. Causas de Mortalidad en el Estado de Puebla. ....	177
Tabla IV.95.Morbilidad en Ixtacamaxtitlán 2016 .....	178
Tabla IV.96. Defunciones en El Hospital general de Ixtacamaxtitlán en el periodo del año 2016.....	179
Tabla IV.97.Población ocupada en relación a los sectores económicos.....	179
Tabla IV.98. Ingreso por trabajo. ....	179
Tabla IV.99. Servicios de Administración Tributaria.....	180
Tabla IV.100. Población económicamente inactiva, relación hombres – mujeres en Ixtacamaxtitlán. ....	181
Tabla IV.101. Población ocupada, relación hombres – mujeres. ....	181
Tabla IV.102. Población según su creencia religiosa en el estado de Puebla, Municipio de Ixtacamaxtitlán y área de influencia del proyecto Ixtaca. ....	181
Tabla IV.103. Festividades culturales calendarizadas del área de influencia del Proyecto de Mina Ixtaca. ....	182
Tabla IV.104 Presencia de comunidades indígenas en el área de influencia.....	182
Tabla IV.105. Población hablante de lengua indígena en Ixtacamaxtitlán y el área de influencia del Proyecto Ixtaca.....	183
Tabla IV.106. Funciones de los ecosistemas.....	187
Tabla IV.107. Descripción de las funciones y servicios ambientales en el AP .....	187
Tabla IV.108 Estado actual de los componentes en el SAR .....	188
Tabla IV.109 Resumen de impactos sobre los servicios ambientales.....	190



## Mapas

Mapa IV-1. Delimitación del SAR. ....	11
Mapa IV-2. Clima en el SAR. ....	12
Mapa IV-3. Peligro por tormentas eléctricas en el SAR. ....	15
Mapa IV-4. Peligro por inundaciones en el SAR. ....	16
Mapa IV-5. Fisiografía en el SAR. ....	19
Mapa IV-6 Geología en el SAR. ....	20
Mapa IV-7. Peligro por sismicidad en municipio de Ixtacamaxtitlán. ....	23
Mapa IV-8. Peligro por deslizamientos en el SAR. ....	26
Mapa IV-9. Peligro por flujos en el SAR. ....	27
Mapa IV-10. Peligro por avalancha de detritos en el SAR. ....	28
Mapa IV-11. Zonas de emisión, transporte y acumulación de material por avalancha de detritos en el SAR. ....	29
Mapa IV-12. Peligro por vulcanismo en el municipio de Ixtacamaxtitlán. ....	30
Mapa IV-13. Peligro regional por vulcanismo. ....	31
Mapa IV-14. Suelos en el SAR. ....	38
Mapa IV-15. Erosión hídrica en el SAR. ....	39
Mapa IV-16. Erosión eólica en el SAR. ....	44
Mapa IV-17. Tierras frágiles en el SAR. ....	45
Mapa IV-18. Hidrología superficial en el SAR. ....	50
Mapa IV-19. Hidrología subterránea en el SAR. ....	53
Mapa IV-20. Regiones Terrestres Prioritarias en el SAR. ....	58
Mapa IV-21. Sitios Terrestres Prioritarios en el SAR. ....	59
Mapa IV-22. Regiones Hidrológicas Prioritarias en el SAR. ....	60
Mapa IV-23. Uso de suelo y vegetación en el SAR. ....	65
Mapa IV-24. Muestreo de flora en el SAR y AP. ....	80
Mapa IV-25. Regiones mastogeográficas en el SAR. ....	115
Mapa IV-26. Provincias herpetofaunísticas en el SAR. ....	116
Mapa IV-27. Áreas de importancia para la Conservación de las Aves en el SAR. ....	117
Mapa IV-28. Humedales de Importancia Internacional cercanos al SAR. ....	118
Mapa IV-29. Herpetofauna registrada en SAR y AP. ....	135
Mapa IV-30. Mastofauna registrada en SAR y AP. ....	136
Mapa IV-31. Ornitofauna registrada en SAR y AP. ....	137
Mapa IV-32. Visibilidad del proyecto. ....	156
Mapa IV-33. Calidad visual paisajística del SAR. ....	157
Mapa IV-34. Regiones y ecuaciones de erosividad de la lluvia en México. ....	158
Mapa IV-35. Localización del área de influencia y núcleo del proyecto. ....	163

## Figuras

Figura IV.1 Trayectorias de ciclones tropicales en México. ....	14
Figura IV.2 Regiones y ecuaciones de erosividad de la lluvia en México. ....	35
Figura IV.3 Sitios de monitoreo para la calidad de agua superficial y subterránea. ....	49
Figura IV.4 Metodología de muestreo. ....	67
Figura IV.5 Registro de árboles en subsitios de 400 m <sup>2</sup> . ....	68
Figura IV.6 Curva de acumulación de especies para los muestreos de bosque de táscate y vegetación secundaria de bosque de táscate. ....	70
Figura IV.7 Curva de acumulación de especies para los muestreos de bosque de pino. ....	71
Figura IV.8 Curva de acumulación de especies para los muestreos de pastizal inducido. ....	71

Figura IV.9 Curva de acumulación de especies para los muestreos de vegetación de agricultura .....	72
Figura IV.10 Curva de acumulación de especies para los muestreos de vegetación arbórea y arbustiva en la época de lluvias del SAR.....	73
Figura IV.11 Proporción de abundancias representadas por familias de flora en el SAR.....	74
Figura IV.12 Curva de acumulación de especies para los muestreos de pastizal inducido del AP. ....	97
Como se observa en el gráfico anterior ( .....	97
Figura IV.13 Curva de acumulación de especies para los muestreos de vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate del AP.....	97
Figura IV.14 Porcentaje por abundancia de cada familia representadas en el AP. ....	98
Figura IV.15 Análisis Olmstead-Tuckey para determinar de manera gráfica la importancia de las especies en el SA de Bosque de Táscate. ....	111
Figura IV.16 Registro de herpetofauna en Ixtacamaxtitlan. ....	120
Figura IV.17 Registro de mastofauna en Ixtacamaxtitlán.....	121
Figura IV.18 Registro de ornitofauna en Ixtacamaxtitlán.....	122
Figura IV.19 Curvas de acumulación de la colecta de fauna en Ixtacamaxtitlan.....	125
Figura IV.20 Población por grupos de edad en el área de influencia directa y zona núcleo del proyecto de mina Ixtaca. ....	174
Figura IV.21 Porcentaje de autodescripción indígena en la población de Ixtacamaxtitlán.....	184

## Anexos

Anexo IV.1. Lista sistemática de especies potenciales

Anexo IV.2. Fotografías de especies de fauna registradas

Anexo IV.3. Distribución geográfica de especies consideradas en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNTA-2010.

Anexo IV.4. Tabla de la distribución geográfica de las especies de aves registradas

#### **IV.1. Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende ubicarse el proyecto**

Para la definición del sistema ambiental regional (en adelante mencionado con el acrónimo SAR) se consideraron los lineamientos que establecen criterios técnicos de aplicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

Con base en el Octavo de los lineamientos, para delimitar un Sistema Ambiental Regional, se considera adecuada una delimitación del SAR cuando se haya utilizado alguno o algunos de los criterios mencionados en el Séptimo de dichos lineamientos, y dado que no existe un Programa de Ordenamiento Ecológico para el municipio en el que se localiza el proyecto, se ha seleccionado el criterio de cuenca y microcuenca.

De lo anterior se obtuvo el SAR fue delimitado con la unión de dos microcuencas: la de mayor superficie Atexquilla Caupazo y la microcuenca de Santa María Sotoltepec (véase Mapa IV.1) que incluyen a la localidad de Santa María Zotoltepec con una extensión de 13 852.04 ha (138 520 350.02 m<sup>2</sup>), en tanto que el área de proyecto (AP) corresponde a un polígono que engloba las distintas áreas que contemplan el proyecto con una superficie de 1 044.02 ha (10 440 200.00 m<sup>2</sup>), comprendiendo que el área de estudio es un espacio geográfico delimitado, cuyos elementos y procesos bióticos, abióticos y socioeconómicos, dada su continuidad, interactúan para mantener un equilibrio que permitirá el desarrollo sostenible del proyecto a desarrollar.

#### **IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional.**

De acuerdo a la información oficial disponible, se hace mención de manera general aquellos componentes del medio físico, biótico, abiótico y socioeconómico que están presentes en el SAR.

En el SAR se presenta un tipo de clima, templado subhúmedo con lluvias en verano, una de las características que más destaca, ya que de ésta depende en parte el tipo de vegetación y la abundancia de especies de fauna, es la cantidad de agua disponible, en el SAR se presenta escasa precipitación. El agua es extraída, en gran mayoría de manantiales, que de acuerdo a la información consultada no están especificados (INEGI, 2015).

La mayor parte del SAR esta cubierto por vegetación de bosque de pino ocupando una superficie equivalente al 22.21%, el segundo tipo de vegetación corresponde a agricultura de temporal y agricultura de temporal y anual con una ocupacion del 19.30% y19.29%, repectivamente. También se presentan en menor porcentaje vegetaciones arbóreas y arbustivas con sucesiones de tipo secundarias y pastizal inducido. Los porcentajes de ocupación por vegetación de agricultura, pastizal inducido, y vegetaciones con algún tipo de sucesión son una clara evidencia de que hay un fuerte cambio de uso no regulado y que la vegetación de esta región ha sido aprovechada sin ningún instrumento de manejo, que permita que el tipo de vegetación predominante sea de tipo natural. Este tipo de acciones pone en riesgo aquellas especies de lento crecimiento o especies consideradas en riesgo. Este tipo de acciones son hasta cierto punto “normales” ya que en esta región no hay fuentes de empleo permanentes, lo que favorece que las personas que radican en esta región se dediquen a la agricultura, ganadería, aprovechamiento maderable, etc.

Las poblaciones se consideran rurales, y existe carencia de algunos servicios, por ejemplo, drenaje, rellenos sanitarios o infraestructura que permitan que no se dispersen los residuos (estaciones de transferencia, plantas de selección, composta o el sitio de disposición final).

#### **IV.2.1. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental de SAR.**

Al igual que muchos estados de la república mexicana el Estado de Puebla se ha enfrentado a cambios de origen natural y a cambios que inegablemente son de origen antropogénico, esto ha dado origen a cambios en el estado, forma, cantidad y calidad de los recursos que forman el ambiente.

Aparte del recurso hídrico otro de los recursos que tiene diferentes impactos en la sociedad es el recurso suelo, su degradación implica la reducción de su complejidad biológica, su capacidad para producir bienes económicos, de llevar a cabo funciones de regulación (Lal, 1998). La preocupación e importancia de la degradación de los suelos se debe a la pérdida y deterioro de la calidad de los servicios ambientales que se obtienen de él, siendo quizás los más importantes la producción de alimentos y la captación de agua.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en su *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*<sup>1</sup> reporta que el 44.9% de los suelos del país se encontraban afectados por algún proceso de degradación (degradación química, erosión hídrica, erosión eólica y degradación física), mientras que los suelos sin degradación aparente ocupaban el 55.1% restante del territorio nacional. En el caso del Estado de Puebla, el principal proceso de degradación del suelo es el tipo físico, seguido por el químico, erosión eólica y química.

En el caso de los recursos hídricos, la SEMARNAT reporta que la superficie afectada a nivel nacional asciende a 64.8% del territorio el estado de Puebla está afectada por degradación con nivel ligero. Si bien, para la región que se estudia, el problema con este recurso es principalmente la disponibilidad por falta de infraestructura para su almacenamiento. La mayor parte de las corrientes son intermitentes por lo que el recurso solo esta disponible libremente durante la temporada de lluvias.

Para el caso del municipio de Ixtacamaxtitlan, ha sufrido un proceso muy fuerte de deforestación; sin embargo, cuenta con grandes zonas boscosa en los lugares más inaccesibles; se identifican bosques de pino, oyamel y táscate. En las áreas deforestadas, generalmente a lo largo de las vías de comunicación y de los ríos se practica la Agricultura de temporal donde se cultiva papa, maíz, haba y cebada<sup>2</sup>. El uso de suelo en la mayor parte del SAR esta representado por un uso agrícola y en menor proporción uso forestal ocupado por vegetación natural y vegetación en algún estado de sucesión (vegetación de tipo secundaria), esta característica da una idea del grado de degradación en el SAR para el recurso de vegetación y diversidad.

---

<sup>1</sup> <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/tema/cap3.html>

<sup>2</sup> PDM Ixtacamaxtitlán 2014-2018.

### IV.3. Elementos del ambiente.

#### IV.3.1. Medio abiótico

##### IV.3.1.1. Clima y fenómenos meteorológicos.

Conforme a la consulta de los datos emitidos por el INEGI (2010), las características más destacadas de las condiciones climáticas en el SAR son una escasa precipitación, presentándose básicamente un tipo de clima, Clima tipo C (véase Mapa IV.2), es decir clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw1)(w), de humedad media dentro de los templados subhúmedos, porcentaje de precipitación invernal menor de 5, lo anterior según la clasificación mundial de tipos de clima de Köppen, modificada por García (2004).

##### A) Temperaturas.

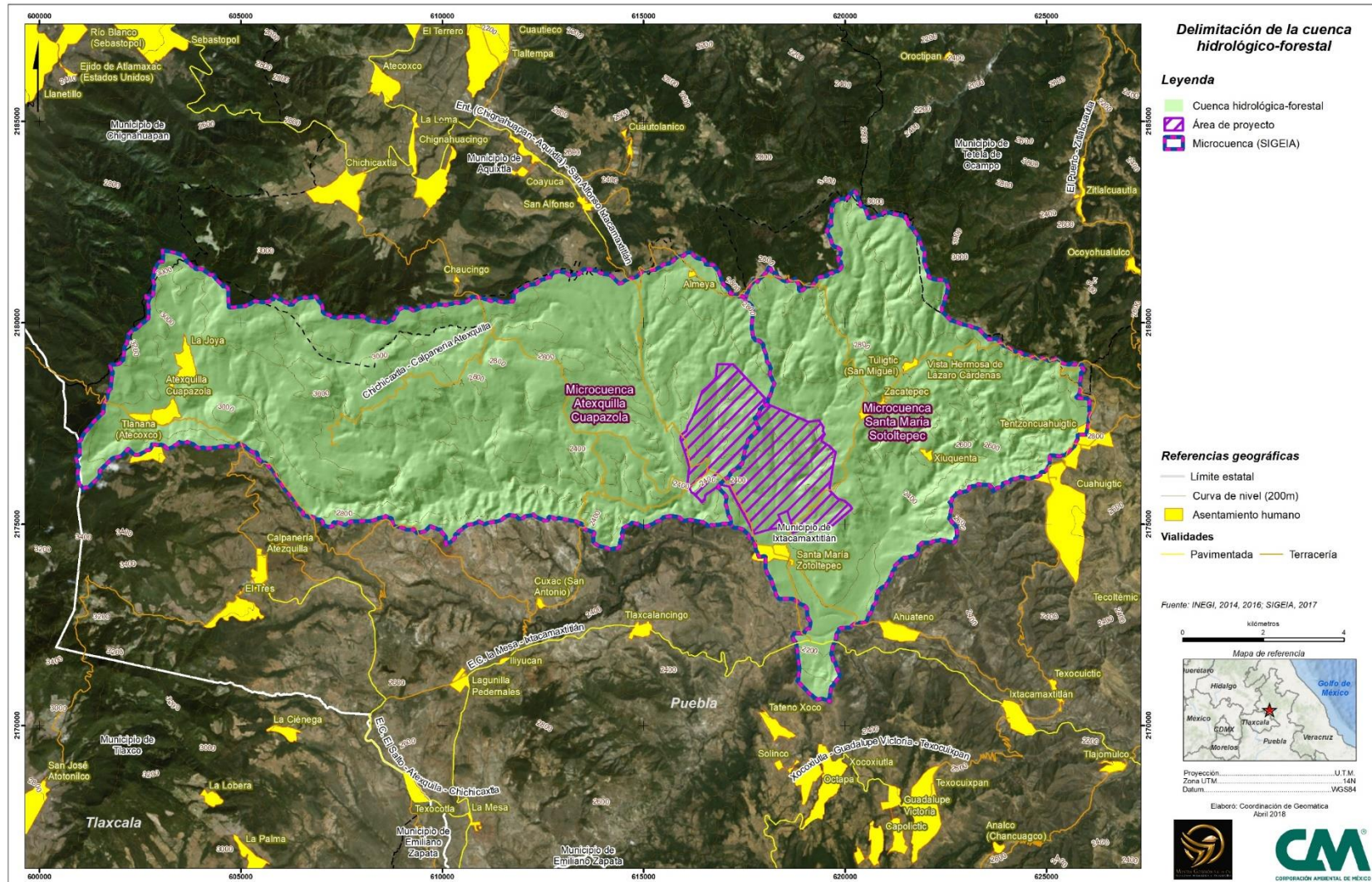
Los datos climatológicos se consultaron de la estación meteorológica más próxima al AP, ubicada a una distancia aproximada de 3.9 km al sureste. Las características de ubicación de esta estación se presentan en la siguiente Tabla IV.1.

Tabla IV.1. Información general de la estación meteorológica.

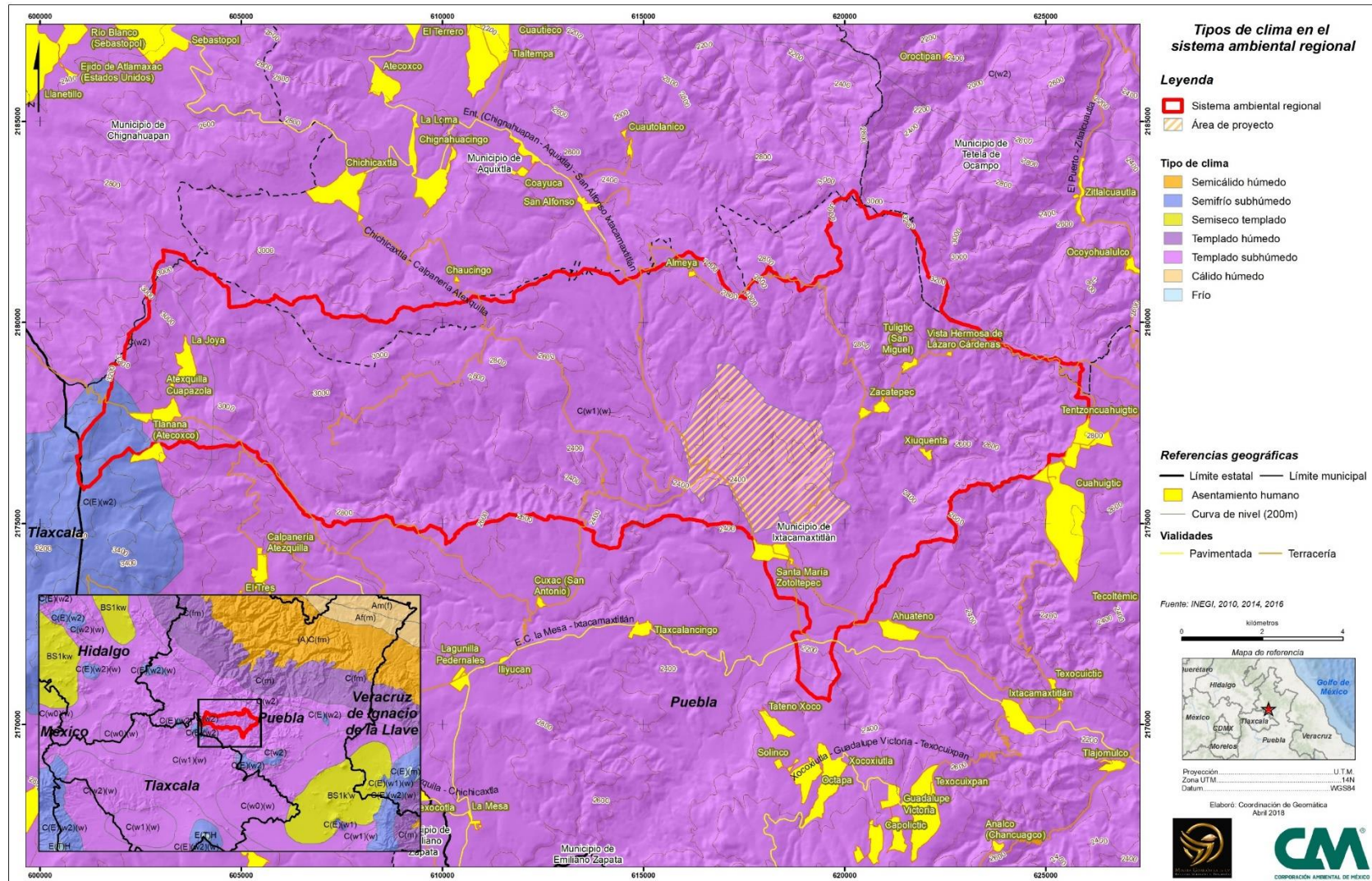
Clave	Estación	Latitud norte	Longitud oeste	Altitud m s.n.m.
21047	Ixtacamaxtitlán	19° 37' 22"	97° 48' 51"	2 472

Fuente: CONAGUA, 2010.

Página intencionalmente dejada en blanco.



Mapa IV.1. Delimitación del SAR.



Mapa IV.2. Clima en el SAR.



De acuerdo con la interpretación de los datos registrados en la estación meteorológica Ixtacamaxtitlán, la temperatura media normal anual se considera en 16.4°C. A continuación, en la Tabla IV.2 se muestra la dinámica de la temperatura de acuerdo con la interpretación de 59 años (1951-2010) de datos climatológicos, respecto la temperatura media mensual.

*Tabla IV.2. Temperatura media mensual (°C).*

Variable	Mes y estación anual											
	Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F
Media Normal	16.3	18.0	18.7	18.6	17.9	18.0	17.7	16.4	14.6	13.6	13.1	14.1
Máxima Mensual	31.7	32.2	35.0	30.3	27.2	27.9	27.3	30.4	27.8	26.4	26.6	27.5
Mínima Mensual	2.4	4.5	6.7	6.2	8.9	9.2	8.9	2.1	0.5	-1.4	-0.5	0.3

Fuente: CONAGUA, 2010.

Las características meteorológicas en la zona que integra el SAR y área de proyecto indican la existencia una temperatura mínima mensual de 12.5 °C en el mes de febrero y máxima de 34.4 °C en el mes de mayo.

#### B) Precipitación

De acuerdo con la interpretación de los datos consultados en la estación meteorológica, la precipitación normal anual es de 600.7 mm, la precipitación máxima mensual que se ha presentado en el SAR, estimada en el periodo de 1951 a 2010, es de 384.7 mm y se presentó en el mes de septiembre. En la Tabla IV.3 se muestran los datos de precipitación mensual.

*Tabla IV.3. Precipitación total mensual (mm).*

Variable	Mes y estación anual											
	Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F
Precipitación normal	16.0	41.9	67.8	108	86.6	83.5	103.2	51.2	14.5	8.1	9.3	10.6
Máxima mensual	78.5	149.6	147.1	306	206.0	197.5	384.7	260.5	62.5	52.5	77.9	39.5

Fuente: CONAGUA, 2010.

Como se observa en la tabla anterior el periodo de mayor precipitación se presenta en el verano y disminuye en el otoño, principalmente en el lapso de junio a septiembre.

#### C) Fenómenos climatológicos

Los huracanes que afectan directa o indirectamente al país, tienen cuatro zonas matrices o de origen con distinto grado de intensidad que va creciendo a medida que progresa la temporada. La matriz que tiene influencia en el SAR, es la Sonda de Campeche, que se activa en la primera semana de junio marcando el inicio de la temporada de lluvias en la región, relacionada con la actividad ciclónica (ver Figura IV.1).

## Matriz Nacional de Ciclones Tropicales



Figura IV.1 Trayectorias de ciclones tropicales en México.

Fuente: PCNL, 2012.

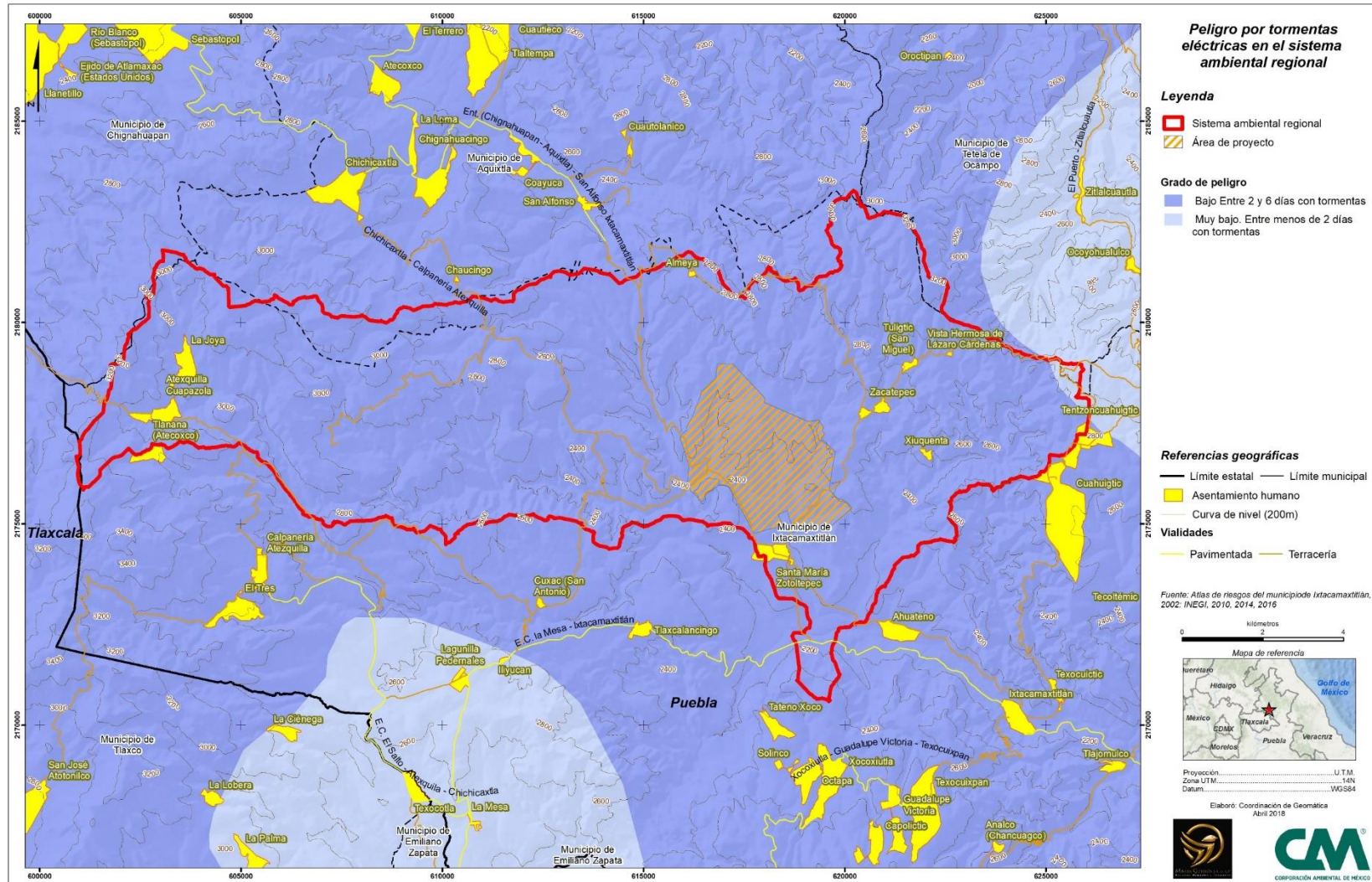
De acuerdo con la consulta al Atlas de Riesgos Naturales de Ixtacamaxtitlán, Puebla, respecto al peligro y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen hidrometeorológico (ciclones tropicales) se establece que, dada la ubicación continental del SAR, AP y del mismo municipio (ubicados a más de 130 km de la línea de costa con el Golfo de México) la afectación por ondas tropicales y huracanes se reduce a la incidencia de fuertes vientos, nubosidad y lluvias fuertes o súbitas, aunque en corto tiempo.

Se estima un peligro bajo ante la presencia de ciclones tropicales en el océano Atlántico, así como entre 9 y 15 tormentas asociadas por año (ver Mapa IV.3), principalmente por sus efectos secundarios (inundaciones en la cabecera municipal) en zonas con pendientes prolongadas y material deleznable.

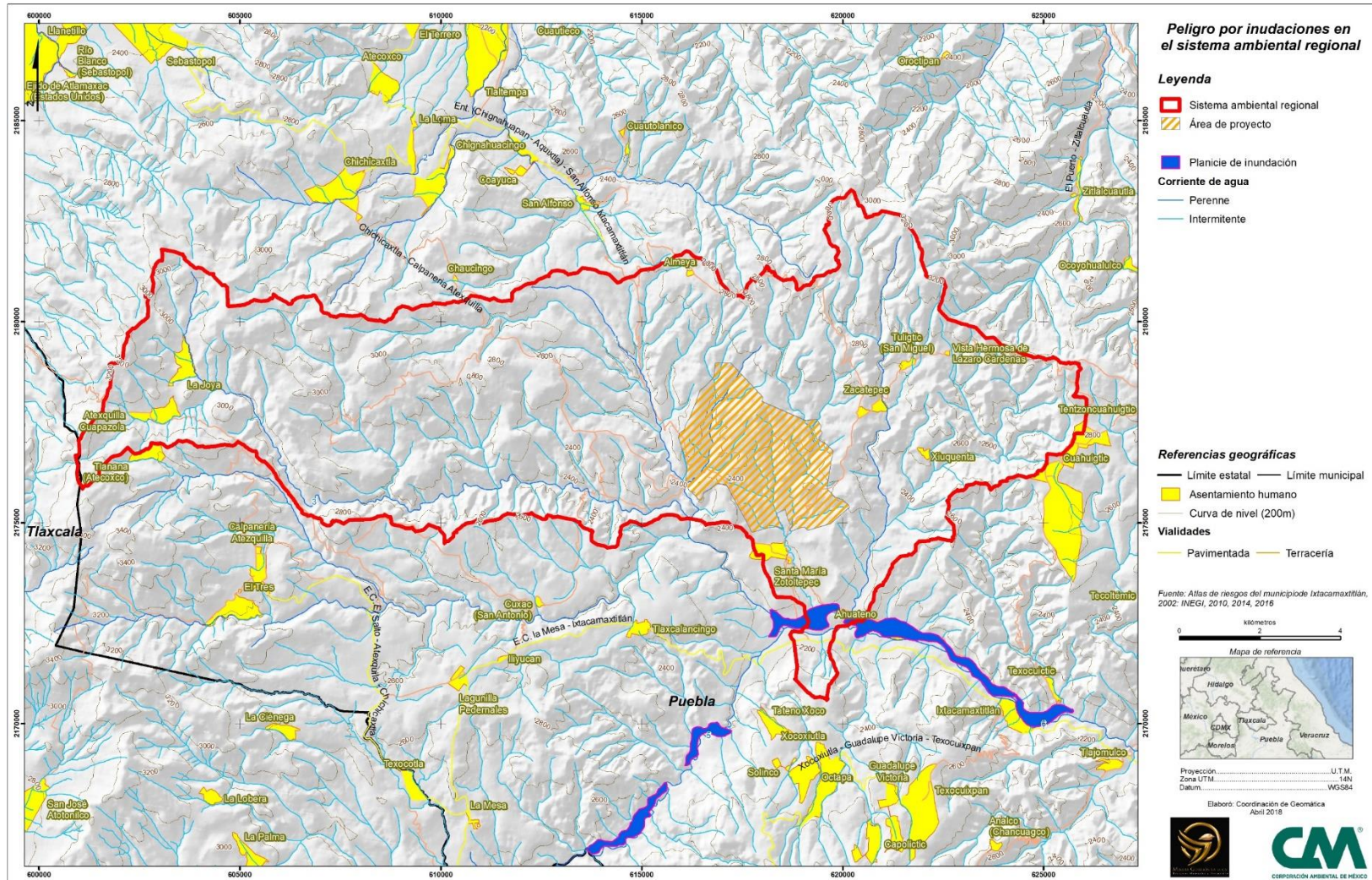
Considerando la ubicación geográfica del SAR, también se presentan intemperismos como heladas o granizadas de acuerdo con registros del Sistema Meteorológico Nacional, hasta el 2005 (SEDESOL, 2012).

### D) Inundaciones

En el SAR y área de proyecto no se prevé la ocurrencia de este tipo de fenómenos (ver Mapa IV.4), toda vez que el agua precipitada drena a través del terreno en dirección nortesureste, hasta la intersección con el río Apulco, una vez que recibe los aportes de los tributarios que integra la Subcuenca, este río ocasionalmente sufre de desbordes en la zona de la cabecera municipal, ocasionando inundaciones de manera temporal, identificándose como de riesgo alto (SEDESOL, 2012).



Mapa IV.3. Peligro por tormentas eléctricas en el SAR.



Mapa IV.4. Peligro por inundaciones en el SAR.

#### *IV.3.1.2. Geomorfología y fisiografía*

El SAR y AP se encuentran inmersos en la transición de las provincias fisiográficas Sierra Madre Oriental, Subprovincia Carso Huasteco y un sistema de topofomas de tipo sierra alta escarpada, y hacia el sur limitan con la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, esta unidad tiene expresión en el centro y norte del estado (INEGI, 2009), además, forma parte del Eje Neovolcánico Transversal.

La subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac se encuentra integrada por diversas sierras volcánicas, acompañadas por coladas de lava de diversa profundidad, conos cineríticos y amplias zonas cubiertas con material de ceniza, con una influencia directa de los grandes aparatos volcánico del Popocatepetl y la Malinche (INEGI, 2009).

La Sierra Norte forma parte de la sierra Madre Oriental y está formada por sierras más o menos individuales, paralelas, comprimidas las unas contra las otras, y que suelen formar grandes o pequeñas altiplanicies intermontañas que aparecen frecuentemente escalonadas hacia la costa, en tanto que el declive austral es el descenso, bastante irregular, de la sierra hacia los llanos de San Juan.

El relieve municipal es bastante montañoso e irregular. Está conformado por numerosas sierras, largas y cortas, gran cantidad de cerros aislados, y un valle intermontañoso labrado por el río Apulco. Las sierras alcanzan de 300 a 600 metros de altura sobre el nivel del valle, recorren el municipio de Ixtacamaxtitlán de norte a sur transversalmente al valle, y presentan gran cantidad de ramificaciones. Sus cursos son accidentados y sus declives a los ríos que los bordean muchas veces son bastante abruptos. Existe gran cantidad de cerros aislados, como Los Ameles, El Campanario, Pílon, Los Cerritos, Techachala, La Clavera, Mixochiu al Norte, Cerro Grande al Sur, el Teotzin al oriente y Clananá al poniente.

El río Apulco ha labrado una larga altiplanicie, a veces ancha y otra estrecha, que recorre de oeste a este el municipio; presenta una altura promedio de 2 200 m s.n.m. La altura del municipio oscila entre 2 060 y 3 400 m s.n.m.

El AP se encuentra sobre un terreno accidentado de norte a sur; las zonas semiplanas se localizan dentro de la superficie que ocupa la localidad de Santa María Zotoltepec, donde se presenta una pendiente descendente en sentido norte-sureste del orden del 3.50%, siendo la parte más alta en la colindancia norte (ver Mapa IV.5).

#### *IV.3.1.3. Geología*

Debido a la actividad volcánica que se ha presentado en la región se presenta un importante número de fallas y fracturas, con respecto al predio en evaluación, la fractura de mayor proximidad se localiza a menos de dos kilómetros al noroeste del AP, sin embargo, no genera susceptibilidad al predio (véase Mapa IV.6).

El SAR se ubica geológicamente en la zona del Terciario Continental, Cenozoico superior e inferior clástico, donde existen tierras conformadas de areniscas y conglomerados, con un tipo de permeabilidad media a alta (de manera generalizada). La parte noreste del SAR se encuentra en la zona geológica Cenozoico superior volcánico (Mioceno a reciente), donde se localizan rocas de tipo volcánicas (lavas, brechas y tobas) principalmente basálticas y andesíticas, con una permeabilidad media a alta.

La naturaleza geológica del territorio poblano es variada y bastante compleja, especialmente en su porción sur, donde se encuentran terrenos metamórficos con edades del Precámbrico, Paleozoico y Mesozoico, los cuales se hallan yuxtapuestos y limitados

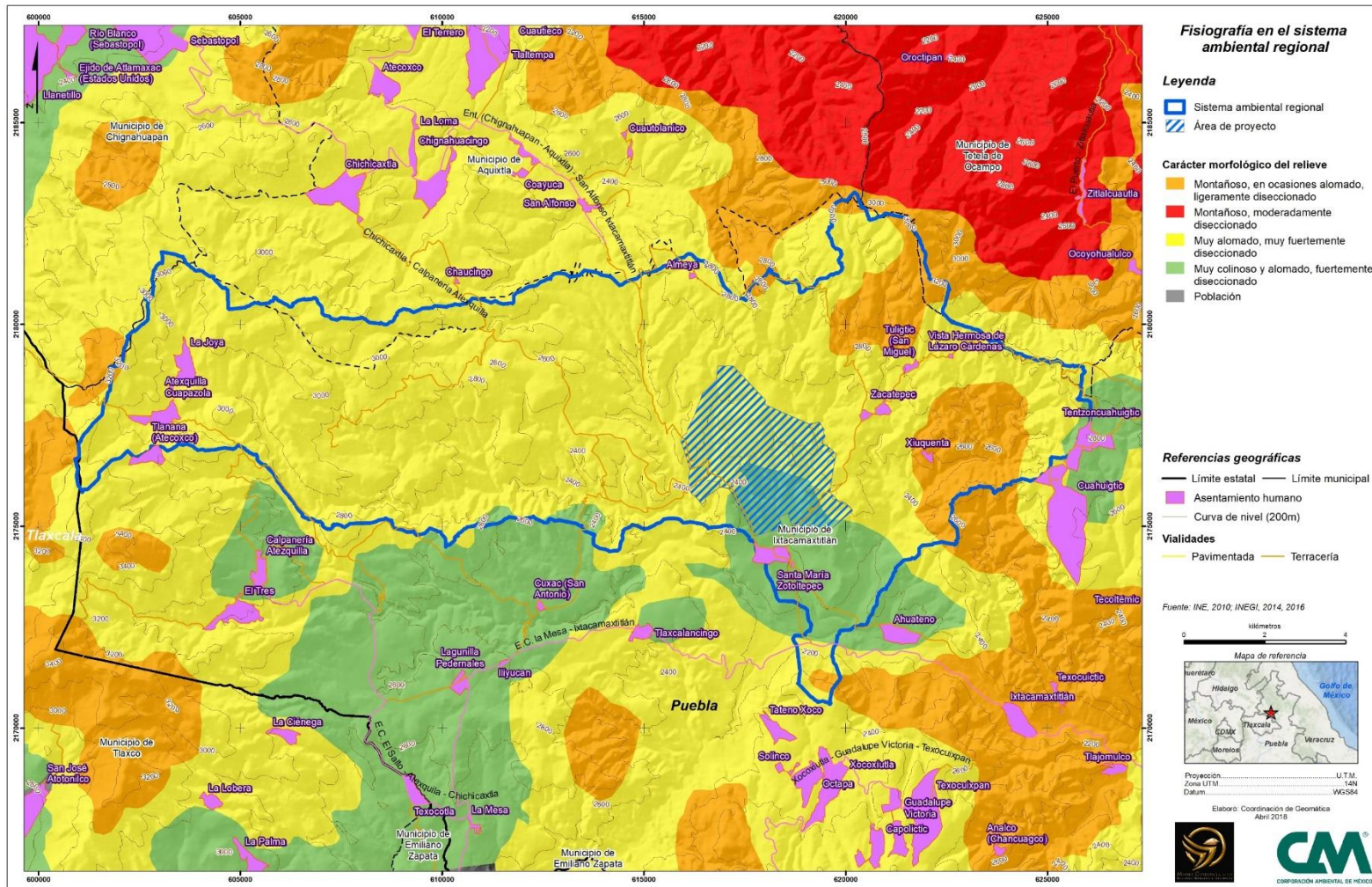
por grandes zonas de falla. Las rocas que los forman han sido afectadas por varias fases de metamorfismo y deformación a lo largo del tiempo geológico, y aún no existe la información suficiente para establecer un modelo evolutivo totalmente satisfactorio que explique las peculiaridades del sur de México.

El más difundido de estos terrenos dentro del estado, pertenece al Paleozoico inferior, y se conoce con el nombre de Complejo Acatlán, el cual aflora ampliamente en toda el área de la mixteca poblana. Sobre este basamento metamórfico, descansa una potente secuencia sedimentaria marina detrítica y carbonatada de edad mesozoica, que atestiguan la invasión oceánica en varios sectores de la entidad, la cual se extendió a gran parte del país. A finales de esta era y durante los inicios de la era cenozoica, las rocas sedimentarias formadas en los fondos marinos fueron elevadas, plegadas y fracturadas.

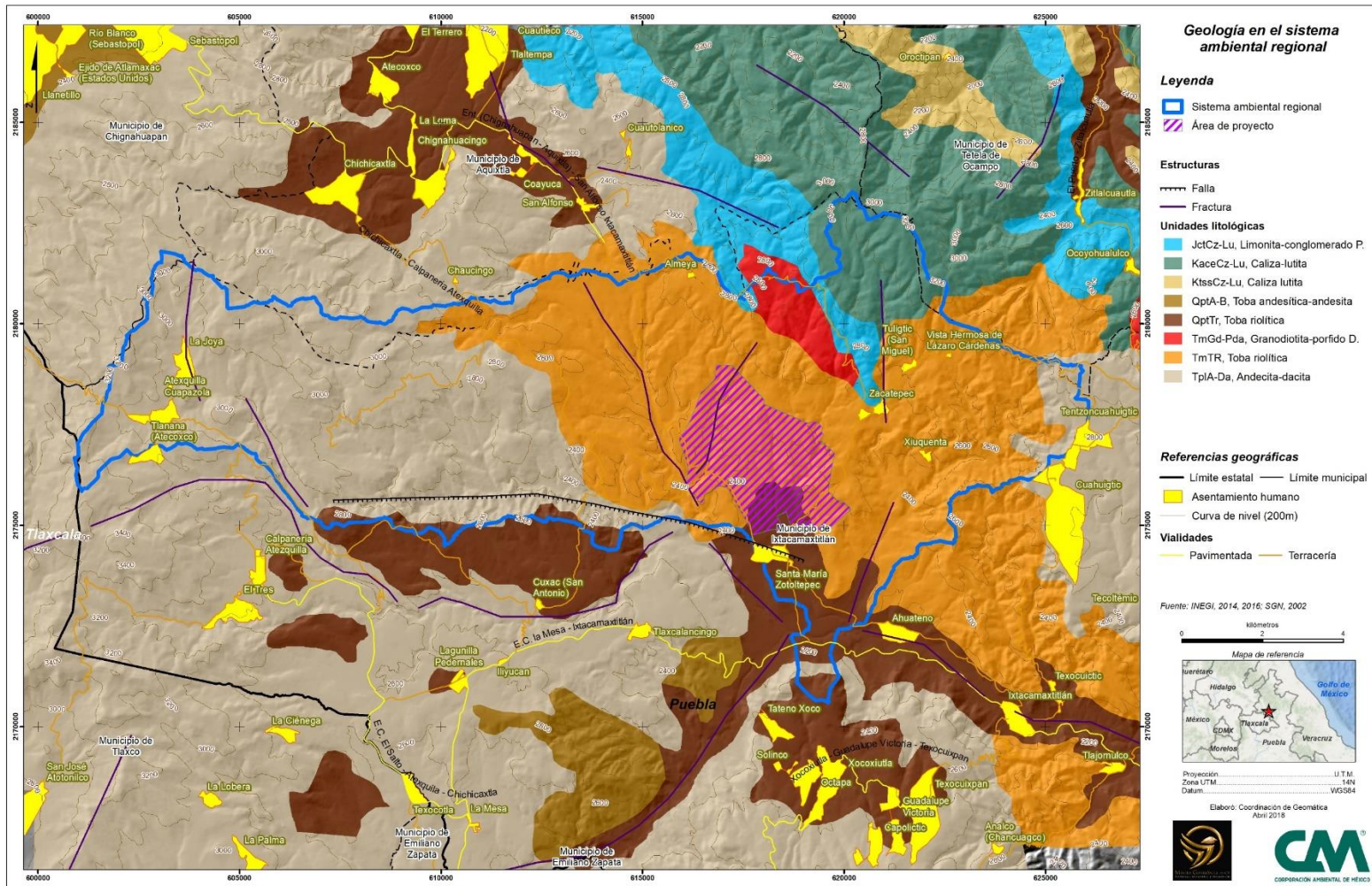
Después de la etapa compresiva, se produce la emisión de materiales volcánicos a través de las fracturas corticales. El más reciente de este volcanismo, está representado por enormes volúmenes de lavas y piroclastos de composición basáltico-andesítica, que constituyen la provincia de la Faja Volcánica Mexicana o Eje Neovolcánico. La erosión de las rocas expuestas ha dado origen a la formación de toda una serie de depósitos continentales; tanto clásticos, como carbonatados y evaporíticos.

Rocas sedimentarias e ígneas intrusivas y extrusivas afloran en la zona de interés, con edades que van del Jurásico al reciente. Representadas por la Formación Pimienta del Jurásico, las rocas más antiguas son calizas, lutitas y dolomías con horizontes arcillosos, que aparecen localmente al noreste de la zona, al norte de la población El Tepeyac. Las rocas sedimentarias presentan permeabilidad variable, así las Formaciones Maltrata, Agua Nueva, San Felipe, Mexcala y Tamaulipas Inferior son estructuras masivas, prácticamente impermeables, que se encuentran a profundidad en la zona en cuestión, funcionan como acuitardos o como el basamento de la misma. No obstante, en la sierra alledaña al poblado de Tetipanapa, se encuentran fuertemente fracturadas, pero su permeabilidad es baja, ya que en las fracturas se han depositado materiales finos, además de que se cierran a profundidad, por lo que representan fronteras lateral y vertical del relleno de la cuenca.

Características muy similares a éstas tienen las rocas volcánicas que constituyen a la Riolita Oyameles, a la Andesita Alseseca y a los cuerpos intrusivos del Terciario, ubicados en las partes central y norte de la zona. Por su parte, las Formaciones Orizaba, Tamaulipas Superior y Guzmantla, todas ellas del Cretácico, actúan como receptoras de recarga y transmiten el agua infiltrada hacia las partes bajas, ya que presentan denso fracturamiento, haciendo que el agua circule a profundidad, aunque si la estructura es irregular y las fracturas están rellenas por sedimentos finos, el agua transita sobre las calizas, sin llegar a alimentar a éstas. Circundando la zona de interés, en las sierras de Tlaxco y Citlaltepétl, además del volcán de La Malinche, se encuentran las rocas volcánicas de las Formaciones Teziutlán y Temastepec y los piroclastos poco compactados del Cuaternario, que son permeables por su fracturamiento y actúan como receptoras y transmisoras del agua que escurre a través de ellas funcionando como almacenadores de cantidades significativas de agua, casi siempre salobre, el aluvión de grano fino, con contenido de limos y arcillas, se presentan en las partes bajas de la zona, donde se encuentran los lagos Totolcingo y Tepeyahualco. De igual manera, las rocas no consolidadas son excelentes receptores de recarga, por tener alta capacidad de infiltración, constituyendo un gran acuífero de transmisividad media a alta en la zona de saturación, por lo que se comporta como “libre”, pero, puede estar semiconfinado por lentes de materiales arcillosos, localmente; es frecuente que la permeabilidad de los depósitos no consolidados decrece conforme aumenta la profundidad, debido a la compactación originada por su peso propio.



Mapa IV.5. Fisiografía en el SAR.



Mapa IV.6 Geología en el SAR.



#### IV.3.1.4. *Suceptibilidad a fenómenos geológicos*

##### A) Fallas y fracturas

Una fractura es un plano de discontinuidad de una masa rocosa o de material poco consolidado que se observa en la superficie como una línea con una abertura con un ancho de milímetros o varios decímetros, esto implica una debilidad de la roca o material no consolidado que favorece los deslizamientos, los derrumbes o caída de bloques. Dependiendo de su movimiento, las fallas se pueden clasificar en pasivas o activas. Las primeras prácticamente no constituyen un peligro debido a que ya no presentan desplazamiento, mientras que las fallas activas pueden tener desde un movimiento imperceptible (tiempo geológico), hasta otros que suceden súbitamente y que pueden romper aceras, tuberías, viviendas, surcos de cultivo, etc., o bien desencadenar sismos, deslaves o derrumbes en las áreas inmediatas a la falla.

De acuerdo con el Atlas de Riesgos Naturales de Ixtacamaxtitlán, 2012, se identifica que la cabecera municipal de Ixtacamaxtitlán es atravesada por un morfoalineamiento definido como fractura; sin embargo, no se tienen registros de que esta posible fractura haya afectado el equipamiento o infraestructura de la localidad. De igual forma, las fallas identificadas no presentan indicios de actividad y a la fecha no se asocian a desastres ocurridos en el municipio. La peligrosidad eventualmente se puede asociar a que las estructuras geológicas existentes faciliten procesos de remoción en masa.

Con el objeto de determinar el riesgo por fallas o fracturas en el AP, Minera Gorrión ha realizado programas de perforaciones y mapeos geológicos teniendo como resultado que el riesgo a las instalaciones del proyecto puede ser minimizado manteniendo áreas de amortiguamiento (buffers) entre las fallas y las obras.

##### B) Sismicidad

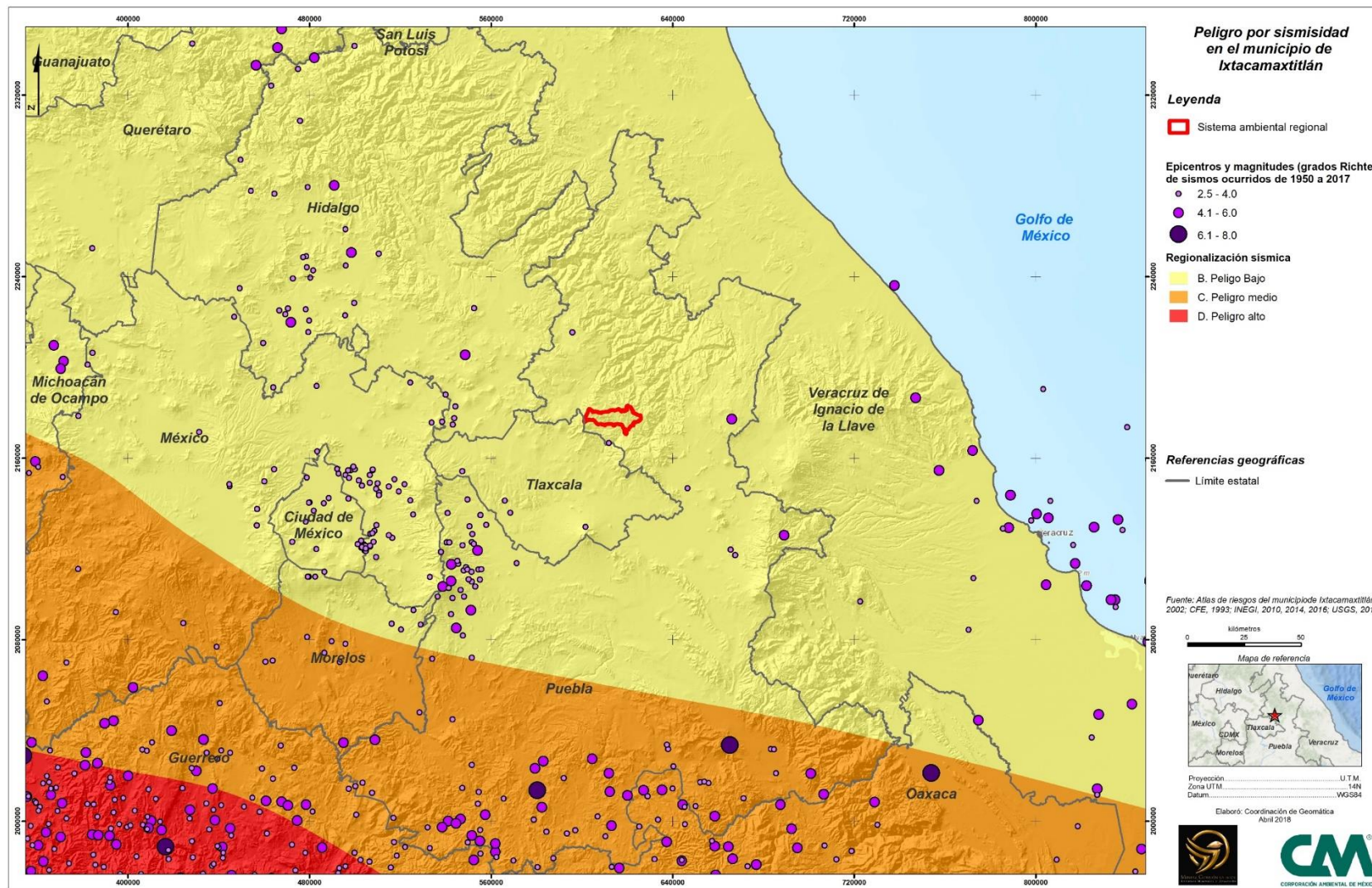
La litosfera está dividida en varias placas, cuya velocidad de desplazamiento es del orden de varios centímetros por año. El territorio mexicano se encuentra afectado por la interacción de cinco placas tectónicas, en cuyos límites estas hacen contacto, generando fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento de una respecto de la otra, resultando grandes esfuerzos en el material que las constituye.

Si dichos esfuerzos sobrepasan la resistencia de la roca, no se vencen las fuerzas friccionantes, ocurre una ruptura violenta y la liberación repentina de la energía acumulada. Desde el foco (o hipocentro), ésta se irradia en forma de ondas sísmicas, a través del medio sólido de la tierra en todas direcciones. Los epicentros de la mayor parte de los terremotos de gran magnitud (mayores o iguales que 7), que llegan a ocasionar grandes daños, se ubican en las costas de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. También han ocurrido, aunque con menor frecuencia, grandes sismos en el centro y sur de Veracruz y Puebla, norte y centro de Oaxaca y Chiapas, en la zona fronteriza entre Baja California y los Estados Unidos e incluso en el Estado de México y Sonora.

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas. Estas zonas son un reflejo de que tan frecuentes son los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo. La zona A es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores. La zona D es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad. Las otras dos zonas (B y C)

son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

El área del proyecto se encuentra ubicada dentro de la región B, por lo que la actividad sísmica en la zona es intermediariamente frecuente y de media intensidad. Dentro del área de evaluación no existen placas que estén en movimiento o en fricción con otras placas, por lo que no se han registrado epicentros en la región (ver Mapa IV.7).



Mapa IV.7. Peligro por sismicidad en municipio de Ixtacamaxtitlán.

### C) Deslizamientos

El municipio de Ixtacamaxtitlán es un municipio de transición entre el sistema Volcánico Transversal y la Sierra Norte de Puebla, el cual se caracteriza por tener un relieve montañoso, lo que implica valores de pendiente de inclinada a muy inclinada con amplia distribución a lo largo del municipio, lo que se refleja en el porcentaje del territorio municipal con valores de pendiente superiores a 32° (13.7%). Lo anterior es una condición primordial para la ocurrencia de deslizamientos, asociados a la gravedad principalmente, a pesar de los cual estos procesos geomorfológicos no son recurrentes en el municipio. Los deslizamientos ubicados dentro del municipio se caracterizan por tener una longitud relativamente corta, ya que no superan los 200 metros y algunos son de tan sólo decenas de metros desde el escarpe hasta la parte frontal del material de acumulación.

La ocurrencia de deslizamientos en el municipio es baja, sin embargo, las condiciones físicas en Ixtacamaxtitlán favorecen los procesos de ladera, tales como la reptación (creep) y las avalanchas de detritos<sup>3</sup>.

Dentro del SAR, se presenta en aquellas zonas con pendientes con más de 35% y otras en donde debido a que no cuenta con cubierta vegetal se han desarrollado profundas cárcavas y por consecuencia aumento en la erosión, remoción en masa y desgajamiento de material, etc. (véase Mapa IV.8).

### D) Derrumbes

En el municipio de Ixtacamaxtitlán o municipios adyacentes, no existen edificios volcánicos, por lo cual la ocurrencia de derrumbes asociados a volcanes es nula. Por lo anterior, no existe la probabilidad de presencia de peligro por derrumbes de material volcánico reciente dentro del municipio o provenientes de los municipios con los que limita la entidad (ver Mapa IV.9, Mapa IV.10 y Mapa IV.11).

### E) Otros movimientos de tierra, roca y actividad volcánica

El transporte de los materiales terrestres desde el interior del planeta hasta la superficie da origen al fenómeno conocido como vulcanismo. Aunque el vulcanismo comprende una serie de eventos diversos, las erupciones volcánicas constituyen el eje de interés de este tipo de manifestaciones y son, desde un punto de vista social, las que representan el mayor peligro para la población.

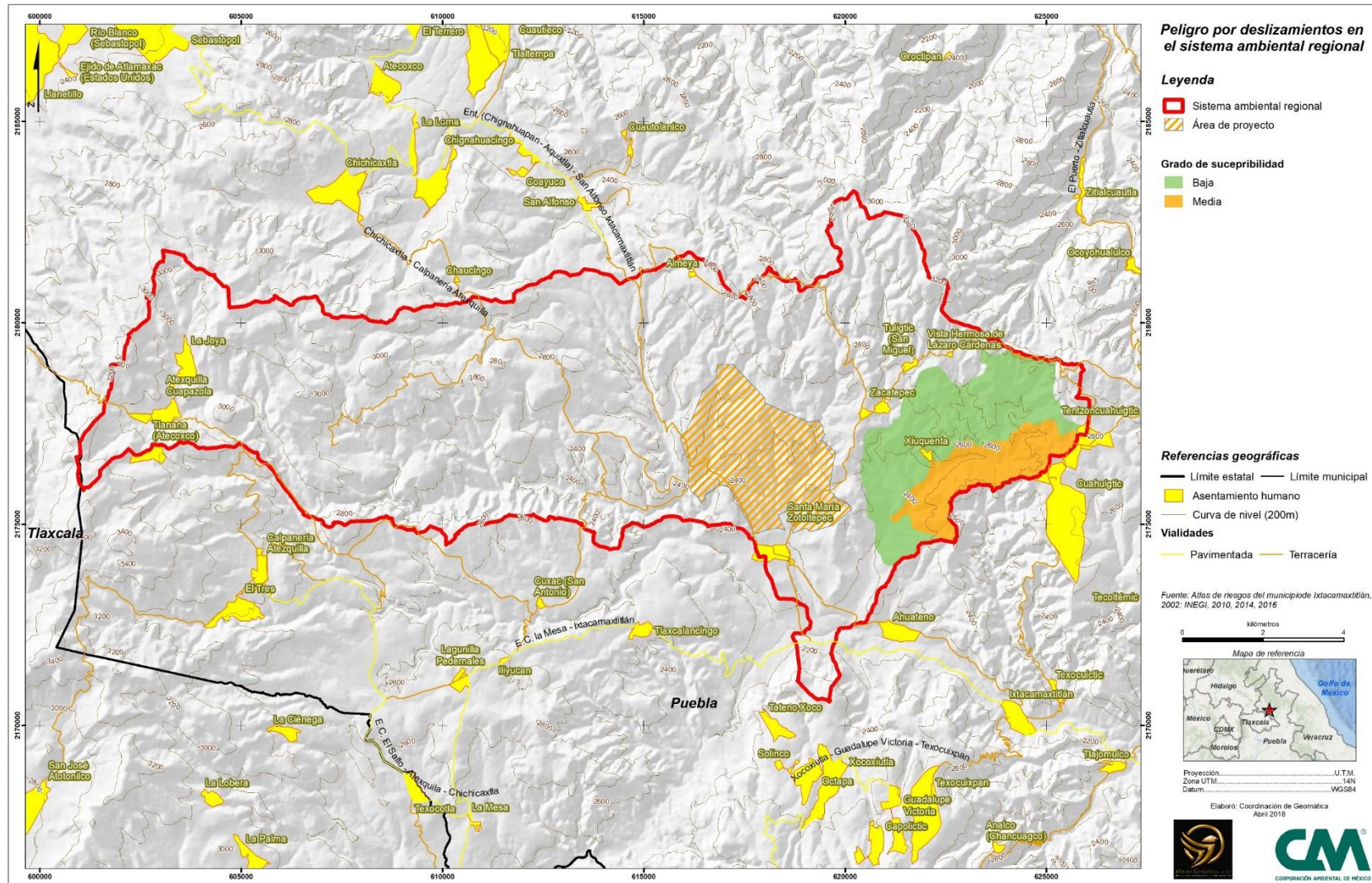
Los volcanes se clasifican en monogenéticos y poligenéticos. Estos términos se aplican a los volcanes que muestran una o varias etapas de actividad respectivamente. Volcanes tales como el Jorullo o el Parícutín en el estado de Michoacán, fueron formados en un solo periodo eruptivo y es muy improbable que vuelvan a hacer erupción. Por el contrario, volcanes como el de Fuego o Colima, en el estado de Colima, muestran una vida muy activa y sus edificios se han construido a través de una serie de erupciones.

El vulcanismo tiene en el territorio nacional una importancia muy señalada, tanto por sus grandes estratovolcanes como por sus extensos campos monogenéticos cercanos ambos a lugares de gran concentración de población o de amplia actividad económica. Gran parte de estos dos tipos de vulcanismo se encuentran en la llamada Faja Volcánica Mexicana que se extiende prácticamente de costa a costa. Los edificios volcánicos de esta faja se levantan sobre territorio de los estados de

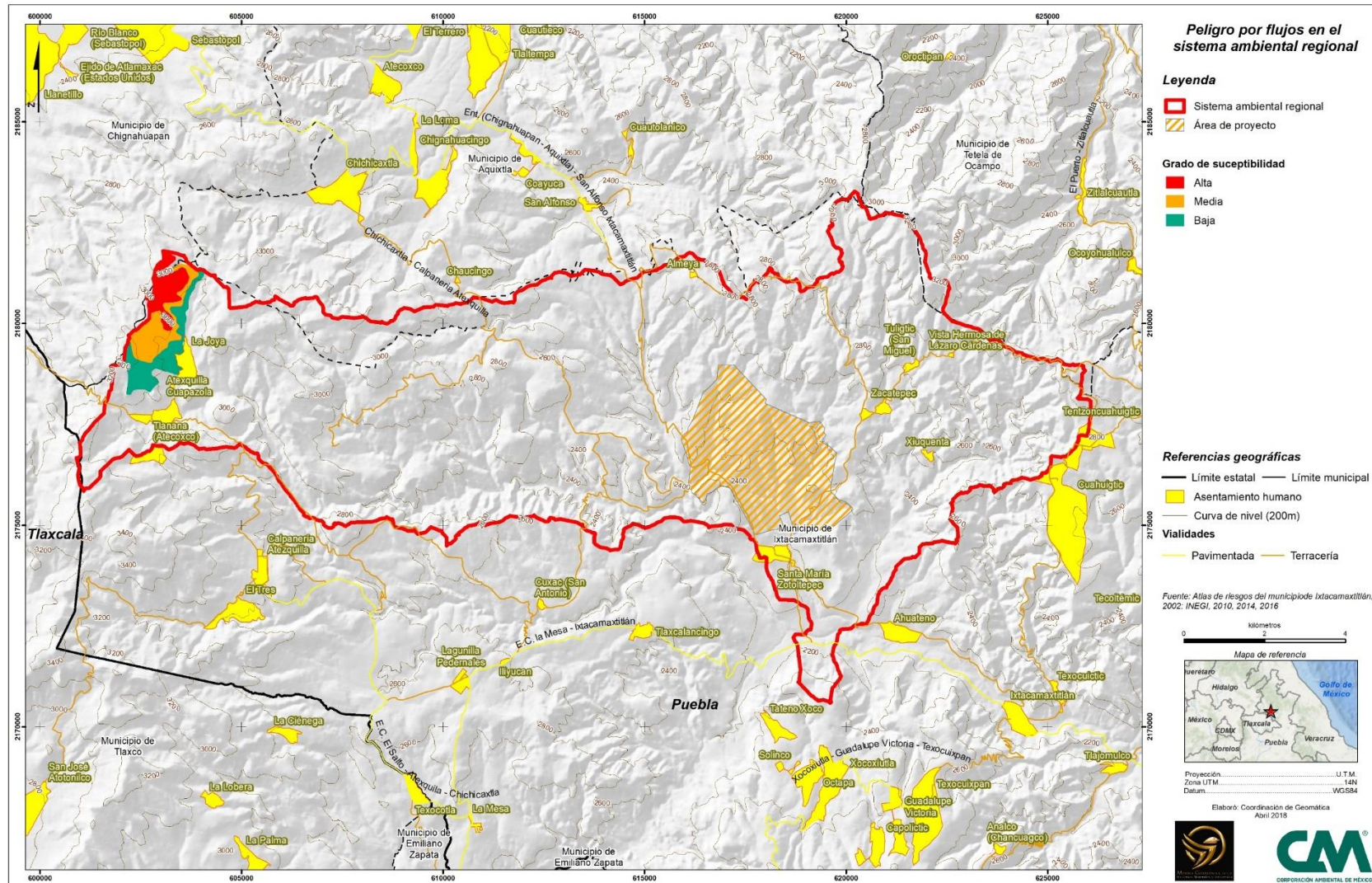
---

<sup>3</sup> Atlas de Riesgos Naturales del Ixtacamaxtitlán, Puebla, 2012.

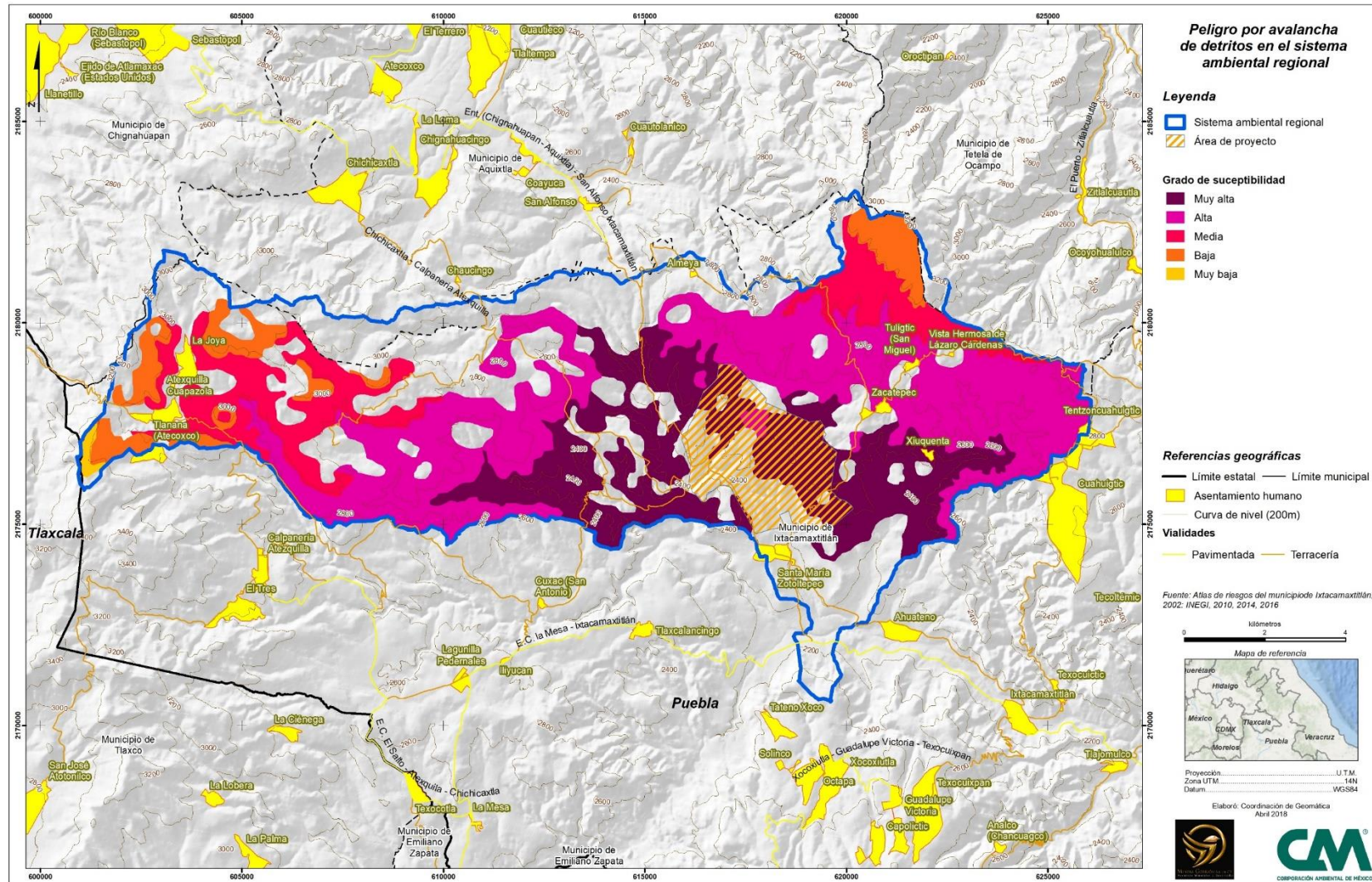
Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Puebla, Veracruz y Distrito Federal. Por lo que el SAR del proyecto se encuentra dentro de la faja volcánica transversal, aunque es poco probable que exista actividad volcánica en la zona, que pudiera considerarse como un riesgo potencial para el proyecto (ver Mapa IV.12 y Mapa IV.13).



Mapa IV.8. Peligro por deslizamientos en el SAR.

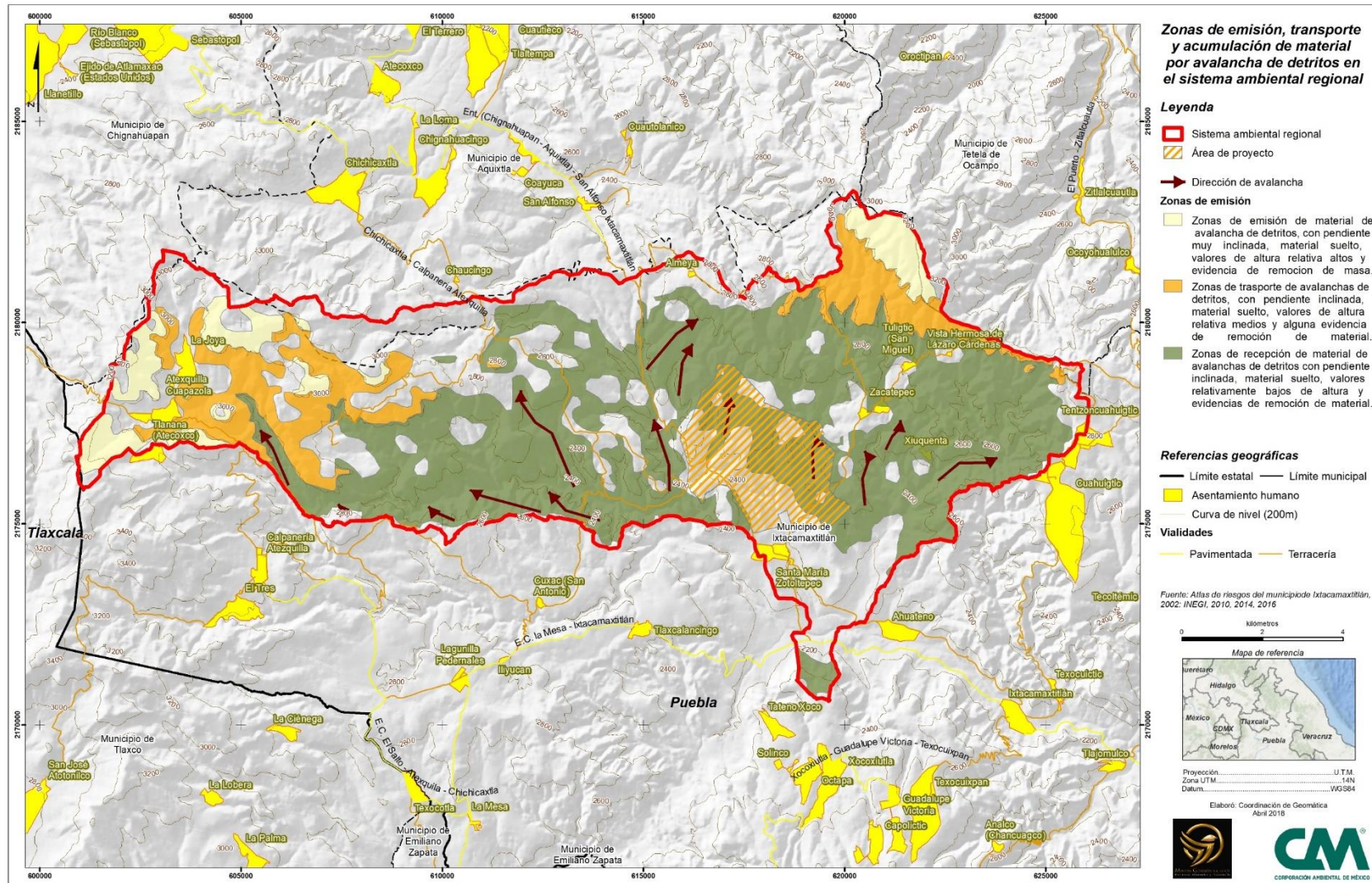


Mapa IV.9. Peligro por flujos en el SAR.

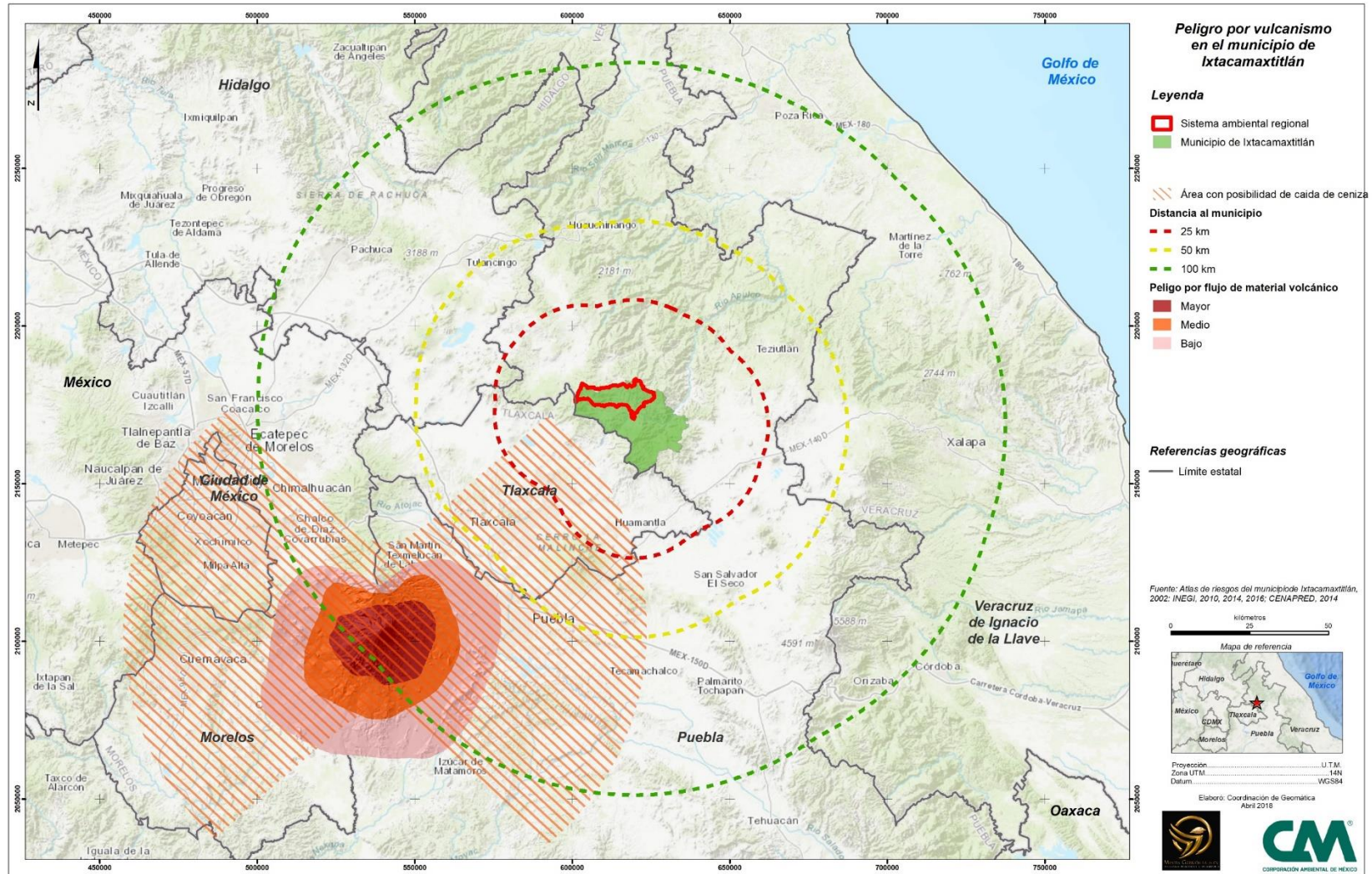


Mapa IV.10. Peligro por avalancha de detritos en el SAR.

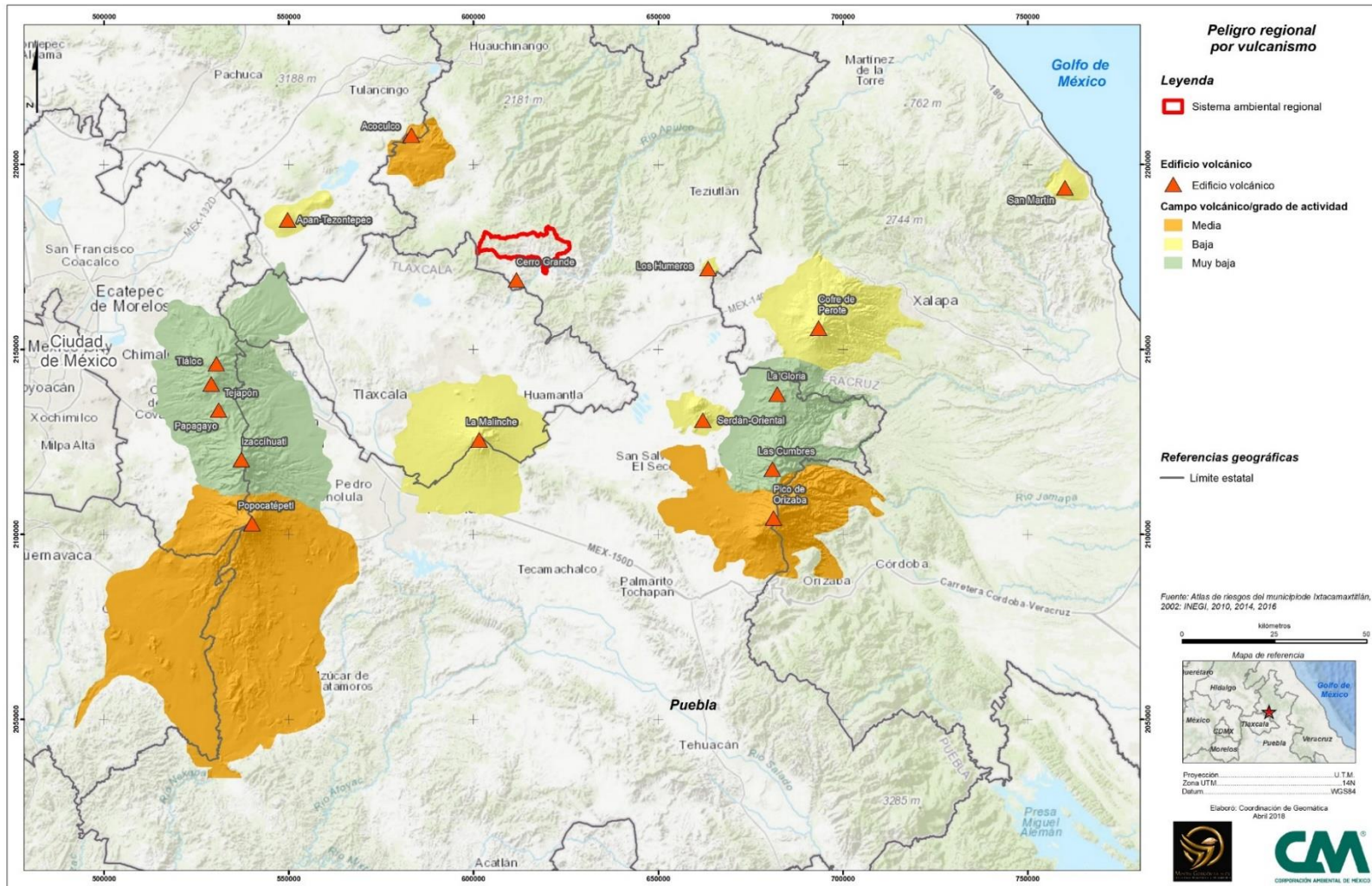




Mapa IV.11. Zonas de emisión, transporte y acumulación de material por avalancha de detritos en el SAR.



Mapa IV.12. Peligro por vulcanismo en el municipio de Ixtacamaxtitlán.



Mapa IV.13. Peligro regional por vulcanismo.

#### IV.3.1.5. Suelos

En cuanto a las características del suelo se tiene que de acuerdo con información de INEGI (2013), la unidad edáfica que parcialmente se presenta en el SAR y AP corresponde al tipo Leptosol y en menor proporción el de tipo Luvisol (ver Mapa IV.14), ambas unidades se encuentran actualmente alteradas de manera natural debido al bajo desarrollo y a la incidencia de fenómenos de erosión que merman su desarrollo; las unidades antes descritas se caracterizan por soportar en su superficie Bosques de táscate asociado a vegetación secundaria; en donde se presenta un desarrollo en el horizonte de suelo, se desarrollan incipientes actividades agrícolas de temporal y parcialmente la presencia de pastizales inducidos para actividades pecuarias extensiva.

En la mayor parte del SAR, incluyendo el AP se presentan áreas con un amplio desarrollo de cárcavas debido a la incidencia de procesos erosivos, incluso debido a la incidencia de las pendientes y el material que lo compone, asimismo, el horizonte superficial es bajo en humus y materia orgánica, con las siguientes características:

**Andosol.** - Deriva de los vocablos japoneses "an" que significa negro y "do" que significa suelo, haciendo alusión a su carácter de suelos negros de formaciones volcánicas. El material original lo constituyen, fundamentalmente, cenizas volcánicas, pero también pueden aparecer sobre tobas, pumitas, lapillis y otros productos de eyección volcánica. Se encuentran en áreas onduladas a montañosas de las regiones húmedas, desde el ártico al trópico, bajo un amplio rango de formaciones vegetales. La mayoría de los Andosoles están cultivados de forma intensiva con una gran variedad de plantas. Su principal limitación es la elevada capacidad de fijación de fosfatos, en otros casos lo es la elevada pendiente en que aparecen, que obliga a un aterrazado previo.

**Leptosol.** - Corresponde a suelos minerales con un clima suficientemente templado para que la temperatura media anual supere los 0°C. Están limitados por la incidencia o afloramiento de la roca continua y dura en los primeros 25 cm. Su nombre deriva del griego "leptos", que significa delgado, haciendo referencia a su carácter somero, habitualmente presentan un horizonte A de tipo ócrico, que frecuentemente puede ser móllico o úmbrico, bajo clima húmedo, dependiendo del material original. Salvo en suelos pedregosos, el horizonte "A", descansa sobre una roca continua y dura o sobre material fuertemente erosionado y calcáreo, abundante en zonas montañosas como es el SAR y AP.

**Leptosol lítico.** - Se considera como la mínima expresión del suelo, su espesor es de 10 cm y suele encontrarse en zonas de fuerte pendiente en las que se puede considerar como un suelo condicionado por la erosión. Cuando aparece en zonas llanas, su falta de desarrollo solo puede ser atribuido a su extrema juventud (INEGI, 2014).

**Luvisol.** - Deriva del vocablo latino "luere" que significa lavar, haciendo alusión al lavado de arcilla de los horizontes superiores para acumularse en una zona más profunda. Predominan en zonas llanas o con suaves pendientes de climas templados a fríos. Son frecuentemente rojos a amarillentos, aunque también van de pardos a oscuros (INEGI, 2009).

#### A) Erosión

##### **Estimación de la erosión hídrica**

Para la determinación de la distribución del grado de erosión hídrica en el SAR y AP se implementó el modelo de la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelos (EUPS), la cual es el resultado de la adaptación de la USLE (Universal Soil Loss Equation, por sus siglas en

inglés) a las condiciones de México, realizada por Figueroa<sup>4</sup> y usando para ello la información generada por CAM.

La USLE es el resultado de la revisión a la ecuación factorial de Musgrave que predice la erosión del suelo, a partir de extensos experimentos de campo realizados en EE.UU. por Wischmeier, Smith y otros investigadores del Servicio de Investigación Agrícola (ARS) del USDA, el SCS y el Centro Nacional de Datos de Escorrentía y Pérdida de Suelo de la Universidad de Purdue. La USLE fue diseñada con los siguientes propósitos:

- Estimar la pérdida media anual de suelo a partir de un campo con una pendiente dada, sujeto a un específico uso y manejo del suelo.
- Ayudar en la selección de apropiados "sistemas de cosecha y gestión, y prácticas de conservación" para una pendiente y tipo de suelo dado.
- Proporcionar información sobre el cambio en la cantidad de pérdida de suelo resultante de la variación de los sistemas de manejo y cosecha o de prácticas de conservación en un campo dado.
- Guiar en la identificación de prácticas de conservación alternativas (por ejemplo, curvas de nivel) para ser combinado con sistemas de cosecha, y permitir un cultivo más intenso.
- Proporcionar información sobre pérdida de suelo estimada como resultado de adoptar alguna práctica de conservación, como guía para el conservacionista del suelo.
- Predecir la cantidad de pérdida de suelo como resultado de usar cualquier sitio para otra función que el agrícola, como para construcción, bosques, o sitios recreativos.

La ecuación básica EUPS es la siguiente:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

*A = Fragilidad o pérdida de suelo (T ha-1 año-1).*

*R = Factor erosividad de la lluvia (Mj mm ha-1 h-1 año-1).*

*K = Factor erosionabilidad del suelo (t ha h ha-1 Mj-1 mm-1).*

*LS = Factor longitud de la pendiente y factor grado de la pendiente (adimensional).*

*C = Factor uso y manejo del suelo y vegetación (adimensional).*

*P = Factor de prácticas mecánicas (adimensional).*

Cada uno de estos factores fue manipulado en formato raster<sup>5</sup> por medio de un procedimiento paramétrico de sobre posición de capas de información en una plataforma para sistemas de información geográfica (SIG).

---

<sup>4</sup> Figueroa S., et. al., 199, Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. SARH-Colegio de Postgraduados. Salinas, S.L.P., México.

<sup>5</sup> Un archivo ráster consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas en la que cada celda contiene un valor que representa información, pueden ser fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o escaneadas

### Factor de erosividad de la lluvia (R)

La erosividad de la lluvia se define como la capacidad potencial de ésta, para causar erosión, y se define como el producto de la energía cinética total de la lluvia (E) por la intensidad máxima en 30 minutos (I30). Este cálculo requiere los datos de intensidad de la lluvia, los cuales no se encuentran disponibles para la mayoría de las estaciones meteorológicas en el país; para superar esta limitante se utilizó la expresión generada por Cortés<sup>6</sup>, la cual divide al territorio nacional en 14 regiones (véase Figura IV.2). La correspondiente para el SAR es la región 5 cuya ecuación se presenta a continuación:

$$Y = 3.48801x + 0.000188x^2$$

Para conocer la precipitación media anual en el sistema ambiental se generó una cobertura tipo raster a partir de la interpolación de los datos de las estaciones meteorológicas más cercanas, éstas se muestran en la siguiente Tabla IV.4.

Tabla IV.4. Estaciones meteorológicas consideradas

Clave	Estación	Estado	Longitud	Latitud	Precipitación anual (mm)
21008	Aquixtla (CFE)	Puebla	-97.936	19.796	727.9
21021	Capuluaque (CFE)	Puebla	-97.761	19.792	943.4
21029	Colonia Temextla	Puebla	-97.681	19.622	543.2
21047	Ixtacamaxtitlan (CFE)	Puebla	-97.814	19.623	600.9
21069	San Antonio Arroyo Prieto (CFE)	Puebla	-97.833	19.545	999
21103	Zacapoaxtla (SMN)	Puebla	-97.588	19.872	1 394.1
21104	Zacapoaxtla (DGE)	Puebla	-97.591	19.891	1 155.9
21111	Santiago Zautla (CFE)	Puebla	-97.673	19.714	576
21126	Loma Alta (CFE)	Puebla	-97.993	19.83	641.4
21140	Chignahuapan	Puebla	-98.033	19.839	679.6
29012	La Gloria (CFE)	Tlaxcala	-97.98	19.621	793.7
29032	Tlaxco	Tlaxcala	-98.126	19.593	706
29165	El Epazote	Tlaxcala	-97.958	19.581	652.4

Fuente: SMN, 2017

El factor de erosividad de la lluvia promedio obtenido para el SAR fue de 2 345.053.

### Factor de erosionabilidad del suelo (K)

Este factor se refiere a la susceptibilidad del suelo a ser erosionado, por lo que está relacionado con las características inherentes del mismo y el manejo a que esté sometido. Para determinar el valor se utilizó la metodología propuesta por la FAO<sup>7</sup>, donde se calcula K a partir de la textura superficial y la unidad de suelo correspondiente según la clasificación FAO/UNESCO, en la siguiente (Tabla IV.5) se muestran los valores correspondientes para el SAR.

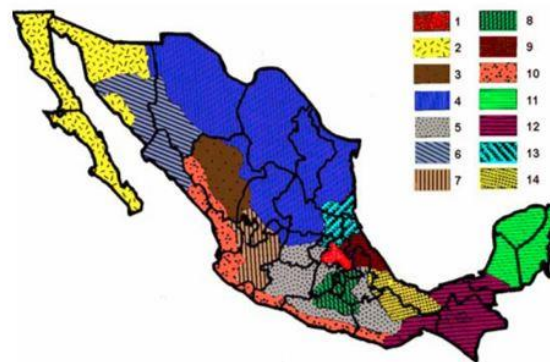
<sup>6</sup> Cortés T., 1991, Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados, Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, México.

<sup>7</sup> FAO, 1980, Predicción de la erosión hídrica y eólica del suelo, disponible en: <http://www.fao.org/docrep/T2351S/T2351S03.htm>

Tabla IV.5. Valor de K estimado en función del suelo y textura.

Clave WRB	Textura	Tipo	Factor K
LVcavr+RGeu+VRpehu/3	Fina	Luvisol calcárico	0.013
LPeuli+RGeu+PHha/1R	Gruesa	Leptosol lutrico	0.045
PHpdp+LPeuli/2	Media	Phaeozem	0.02
LPeuli+RGeu+PHha/2	Media	Leptosol lútrico	0.045
LPdyli+ANum+RGdy/2	Media	Leptosol dístrico	0.045
ANhuulen+LPdyli+LVcrdy/2	Media	Andosol úmbrico	0.04

Fuente: INEGI, conjunto de datos edafológicos serie II.



REGIÓN	ECUACIONES Y = E <sub>130</sub> ; x = lluvia anual	R <sup>2</sup>
1	Y = 1.20785x + 0.002276x <sup>2</sup>	0.92
2	Y = 3.45552x + 0.006470x <sup>2</sup>	0.93
3	Y = 3.67516x - 0.001720x <sup>2</sup>	0.94
4	Y = 2.89594x + 0.002983x <sup>2</sup>	0.92
5	Y = 3.48801x - 0.000188x <sup>2</sup>	0.94
6	Y = 6.68471x + 0.001680x <sup>2</sup>	0.90
7	Y = 0.03338x + 0.006661x <sup>2</sup>	0.98
8	Y = 1.99671x + 0.003270x <sup>2</sup>	0.98
9	Y = 7.04579x - 0.002096x <sup>2</sup>	0.97
10	Y = 6.89375x + 0.000442x <sup>2</sup>	0.95
11	Y = 3.77448x + 0.004540x <sup>2</sup>	0.98
12	Y = 2.46190x + 0.006067x <sup>2</sup>	0.96
13	Y = 10.74273x - 0.001008x <sup>2</sup>	0.97
14	Y = 1.50046x + 0.002640x <sup>2</sup>	0.95

Figura IV.2 Regiones y ecuaciones de erosividad de la lluvia en México.

### Factor longitud de la pendiente y factor grado de la pendiente (LS)

La erosión aumenta conforme la longitud del terreno, en el sentido en que la pendiente aumenta (L) y la inclinación de la superficie se hace mayor (S). La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen del flujo superficial al punto donde la pendiente decrece, de tal manera que exista sedimentación, y/o al punto donde el agua de escurrimiento entra a un canal bien definido, que, a su vez, forma parte de una red de drenaje.

El factor LS se determinó directamente a partir del mapa digital de pendientes (obtenido, a su vez, del continuo de elevaciones mexicano de INEGI). Se aplicó la relación basada en

el trabajo de Mintegui<sup>8</sup>, donde se designa una función continua a cada pixel de la cobertura raster de pendientes a partir de alguna de las dos siguientes fórmulas:

$$LS = 0.009 (p)^2 + 0.0798 (p) \text{ para pendientes } < 30\%$$

$$LS = 0.2558 (p) + 3.248 \text{ para pendientes } > 30\%$$

Donde:

*LS* = Factor Topográfico, longitud e inclinación de la pendiente

*p* = Pendiente del terreno en porcentaje

El factor de longitud de la pendiente promedio obtenida para el SAR fue de 11.40.

#### *Factor por cobertura vegetal y manejo de cultivos (C)*

Refleja el efecto de la vegetación natural, de los cultivos y las prácticas de manejo de los mismos sobre la erosión. Es el cociente que se obtiene al dividir la pérdida de suelo obtenida en un terreno con cierto manejo del cultivo y la pérdida obtenida para el mismo terreno bajo cultivo continuo (Figueroa 1991). Los valores de C correspondientes a cada tipo de vegetación se muestran en la siguiente Tabla IV.6.

*Tabla IV.6. Valor de C estimado en función de la vegetación y cultivos.*

<b>Tipo de vegetación</b>	<b>C</b>
Agricultura	0.7
Bosque de pino	0.001
Bosque de pino-encino	0.001
Bosque de tascate	0.001
Pastizal inducido	0.03
Vegetación secundaria arborea de bosque de pino	0.037
Vegetación secundaria arborea de bosque de tascate	0.037
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	0.037
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de tascate	0.037

*Fuente: INEGI, Uso de suelo y vegetación serie V.*

#### *Factor de prácticas mecánicas (P)*

Representa las medidas realizadas para disminuir la erosión y se define como la relación de la erosión que tiene un terreno en donde se han realizado prácticas de conservación, comparado con la de un terreno cultivado sin ninguna práctica encaminada al control de la erosión hídrica, tales como terrazas, surcado al contorno, entre otras. En el presente estudio, aún no existen medidas para disminuir la erosión, por lo que todo el SAR se tomó con valor 1.

---

<sup>8</sup> Mintegui Aguirre, J. 1988, Análisis de la influencia del relieve en la erosión hídrica. Hipótesis de estudio para correlacionar la pendiente con la longitud del declive en un terreno, V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Madrid.



### *Distribución de la fragilidad por erosión hídrica*

Al sustituir los valores de los factores (R, K, LS, C y P) en la EUPS con la ayuda de un software de SIG, se obtuvo el cubrimiento por erosión hídrica que representa la remoción laminar o en masa de los materiales del suelo por efectos de precipitación y escurrimientos.

La erosión se clasificó en cinco categorías según las toneladas por hectárea de suelo que se pierden en un año<sup>9</sup> (véase Mapa IV.15). Finalmente, se obtuvieron los valores de erosión que se muestran en la siguiente Tabla IV.7.

*Tabla IV.7. Erosión hídrica en el SAR y AP.*

Categoría	Área de cubrimiento (ha)		Porcentaje de cubrimiento		Toneladas anuales (total)	
	SAR	AP	SAR	AP	SAR	AP
Muy alta (>200 t/ha/año)	4 570.61	241.33	33.00	23.12	2 713 428	130 356
Alta (50-200 t/ha/año)	1 543.61	126.9	11.14	12.16	147 555	7 860
Moderada (10-50 t/ha/año)	2 812.61	671.64	20.30	64.33	82 061	20 824
Ligera (5-10 t/ha/año)	182.61	2.78	1.32	0.27	1 354	25
Nula (<5 t/ha/año)	4 742.61	1.37	34.24	0.13	5 070	5

Los resultados indican que el SAR presenta un grado de erosión diferenciado, pero con tres grados predominantes en porcentajes de cubrimiento. El grado de erosión con mayor presencia es nula, con una cobertura de 4 742.61 ha (34.24% del total). Esta se presenta en el oeste del SAR y en manchones discontinuos en el norte y este. En esta categoría se pierden menos de 5 toneladas de suelo por hectárea al año.

El segundo grado en importancia es la categoría muy alta, que se presenta de manera heterogénea en todo el SAR y cubre un área total de 4 570.61 ha, equivalentes a al 33% del total. En esta categoría se pierden más de 200 toneladas de suelo por hectárea al año.

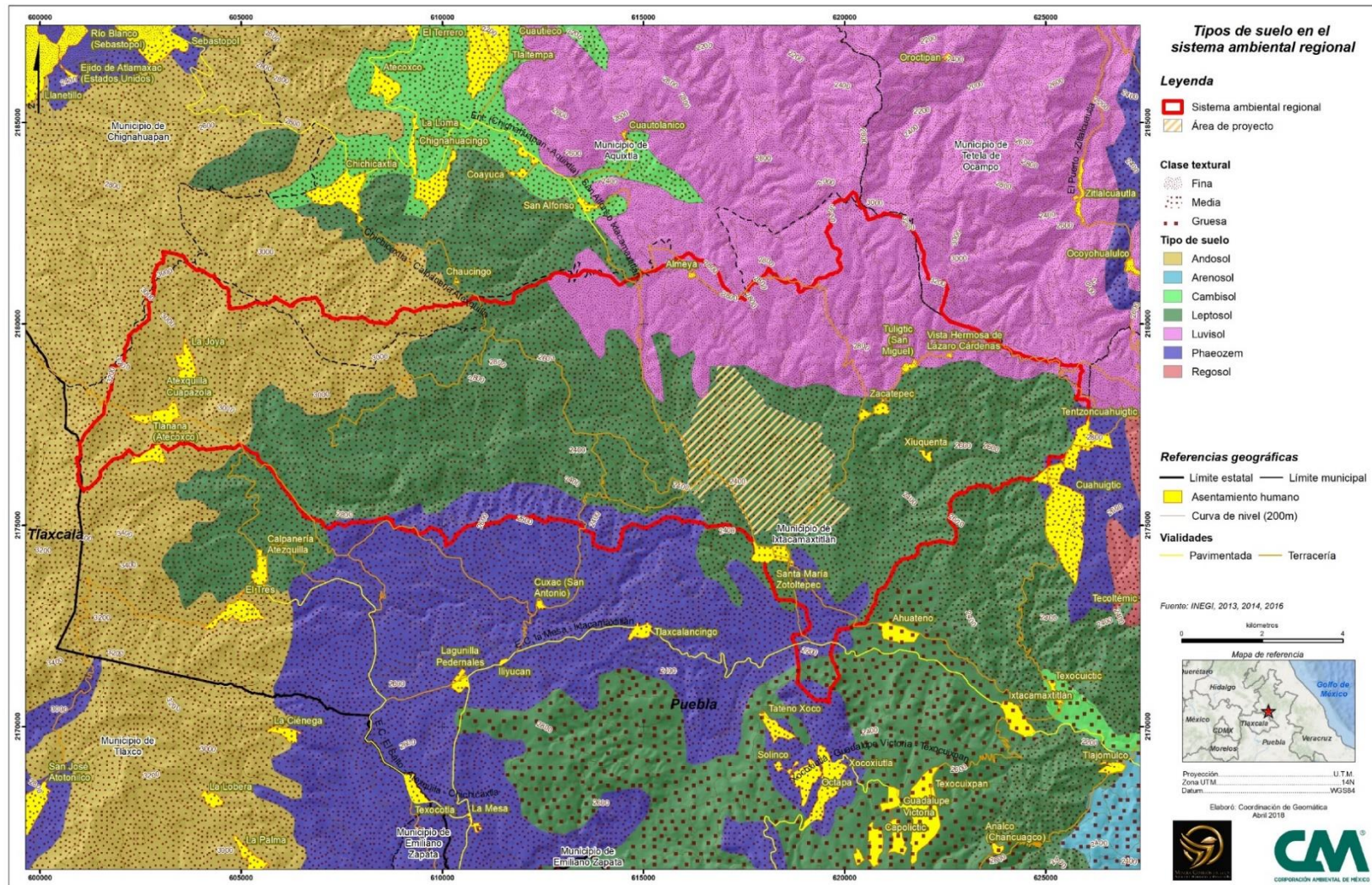
La erosión moderada es el tercer grado en importancia, se presenta principalmente en el centro y este del SAR cubriendo un área de 2 0812.61 ha, que equivalen al 20.30% del total. En esta categoría se pierden de 10 a 50 toneladas de suelo por hectárea al año.

Las dos restantes categorías de grado de erosión, alta y ligera, tienen presencias poco significativas en el SAR, cubren 1 543.61 ha y 182.61 ha que representan el 11.14% y 1.32% respectivamente.

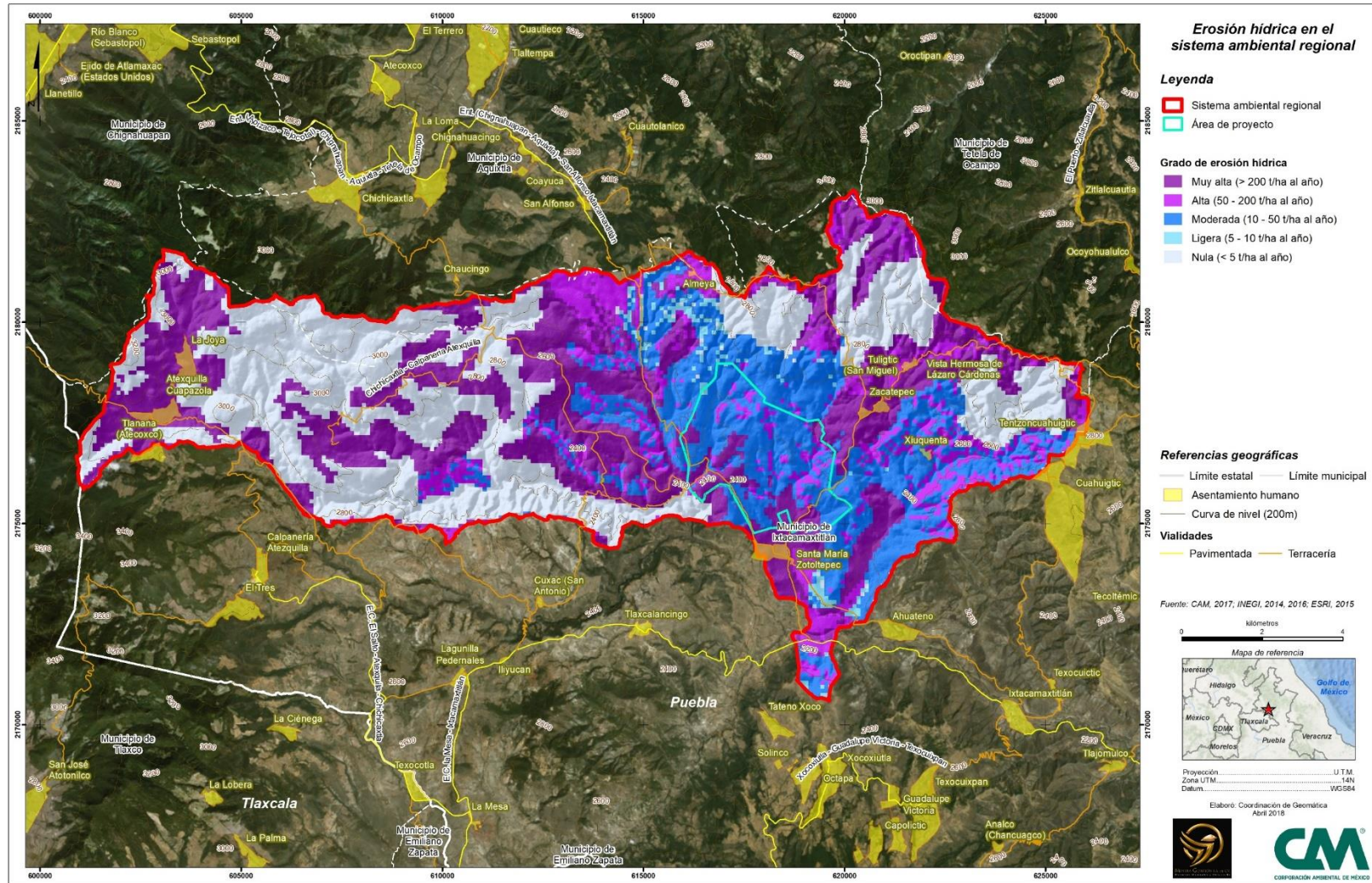
En el AP, el grado de erosión con mayor presencia es moderada, que cubre un área de 671.64 ha, que representan el 64.33% del total. Este grado de erosión se presenta a lo largo de todo el AP con excepción de la zona sur y suroeste.

La segunda categoría en importancia por presencia es el grado de erosión muy alta. Esta cubre manchones dispersos en el sur y suroeste del AP y cubre un área total de 241.33 ha equivalentes al 23.12. Las categorías restantes tienen una presencia poco significativa. La erosión alta cubre el 12% del AP (126.9 ha) en pequeños manchones dispersos. La erosión ligera cubre el 0.27% (2.78 ha) y se presenta al norte, mientras que el grado de erosión nulo cubre el 0.13% (1.37ha) en pequeños manchones al norte del AP. Por lo anterior, el grado de erosión hídrica más importante en el AP es la erosión moderada.

<sup>9</sup> SEMARNAT, 2015, Informe de la situación del medio ambiente en México, 2015, disponible en: [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15\\_completo.pdf](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf)



Mapa IV.14. Suelos en el SAR.



Mapa IV.15. Erosión hídrica en el SAR.

## Estimación de la erosión eólica

Para la determinación de la distribución del grado de erosión eólica en el SAR se desarrolló el modelo para evaluación de la erosión laminar eólica del INE (hoy INECC)<sup>10</sup> aplicada a una plataforma para SIG usando archivos de tipo raster. La fórmula para obtener la erosión es la siguiente:

$$\text{Erosión eólica} = \text{IAVIE} * \text{CATEX} * \text{CAUSO}$$

Donde:

IAVIE= Índice de agresividad del viento

CATEX= Calificación de textura y fase.

CAUSO= Calificación por el tipo de vegetación que sustenta

## CATEX

Para generar la variable CATEX se estableció el código que asignara el valor correspondiente de acuerdo a la textura y fase del suelo presente en el SAR, los valores se muestran en la siguiente Tabla IV.8.

Tabla IV.8. Valor CATEX estimado en función del suelo y textura.

Clave WRB	Textura	Tipo	CATEX
LVcavr+RGeu+VRpehu/3	Fina	Luvisol calcárico	1.85
LPeuli+RGeu+PHha/1R	Gruesa	Leptosol lutrico	3.5
PHpdp+LPeuli/2	Media	Phaeozem	1.25
LPeuli+RGeu+PHha/2	Media	Leptosol lútrico	1.25
LPdyli+ANum+RGdy/2	Media	Leptosol dístrico	1.25
ANhuulen+LPdyli+LVcrdy/2	Media	Andosol úmbrico	1.25

Fuente: INEGI, conjunto de datos edafológicos serie II.

## CAUSO

El factor CAUSO responde al cálculo de la calificación del uso de suelo a partir de la capa de uso de suelo y vegetación serie V de INEGI. Los valores correspondientes para cada tipo se muestran en la siguiente Tabla IV.9.

Tabla IV.9. Valor de CAUSO estimado en función de la vegetación y cultivos.

Tipo de vegetación	CAUSO
Agricultura	0.8
Bosque de pino	0.1
Bosque de pino-encino	0.1
Bosque de tascate	0.1
Pastizal inducido	0.12
Vegetación secundaria arborea de bosque de pino	0.11
Vegetación secundaria arborea de bosque de tascate	0.11

<sup>10</sup> Instituto Nacional de Ecología, 1998, Lineamientos para la elaboración del manual de ordenamiento ecológico del territorio, Libros INE, México.

Tipo de vegetación	CAUSO
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	0.11
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de tascate	0.11

Fuente: INEGI, Uso de suelo y vegetación serie V.

### IAVIE

El último factor necesario para calcular la erosión eólica es el índice de agresividad del viento o IAVIE, el cual se obtiene a partir de la siguiente fórmula.

$$IAVIE = 160.8252 - 0.7660 (PECRE)$$

El PECRE se define como el periodo de crecimiento, esto es el número de días al año con disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de un cultivo (media anual) y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$PECRE = 0.2408 (Precipitación) - 0.0000372 (Precipitación)^2 - 33.1019$$

Para la obtención del valor PECRE se trataron los datos y variables climáticas de las estaciones meteorológicas mostradas anteriormente.

### Distribución de la fragilidad por erosión eólica

Al sustituir los valores de los factores IAVIE, CATEX y CAUSO en la ecuación con ayuda de un software de SIG, se obtuvo el cubrimiento por erosión eólica la cual se clasificó en cinco categorías según las toneladas por hectárea de suelo que se pierden en un año (véase Mapa IV.16). Finalmente, se obtuvieron los valores de erosión que se muestran en la siguiente Tabla IV.10.

Tabla IV.10. Erosión eólica en el SAR y AP.

Categoría	Área de cubrimiento (ha)		Porcentaje de cubrimiento		Toneladas anuales (total)	
	SAR	AP	SAR	AP	SAR	AP
Muy alta (>200 t/ha/año)	3.26	-	0.02	-	645	-
Alta (50-200 t/ha/año)	5 316.26	241.33	38.38	23.12	421 264	17 737
Moderada (10-50 t/ha/año)	3 965.26	682.02	28.63	65.33	49 543	7 340
Ligera (5-10 t/ha/año)	4 567.26	120.68	32.97	11.56	41173	1190
Nula (<5 t/ha/año)	-	-	-	-	-	-

La categoría que mayor presencia tiene en el SAR es la erosión alta, que cubre de manera discontinua un área total de 5 316.26 ha, que representan el 38.38% del total. En esta categoría se pierden de 50 a 200 toneladas de suelo por hectárea al año.

La segunda categoría con mayor presencia es la erosión ligera, que se presenta principalmente al oeste del SAR cubriendo un área total de 4 567.26 ha que representan el 32.97% del total. En esta categoría se pierden de cinco a 10 toneladas de suelo por hectárea al año.

Sigue en importancia por cubrimiento la erosión moderada, la cual se concentra en la zona este del SAR y cubre un área total de 3 965.26 ha equivalentes al 28.63% del total. Es esta categoría se pierden de 10 a 50 toneladas de suelo por hectárea al año.

El último grado de erosión presente en el SAR es la erosión muy alta, que únicamente cubre el 0.02% del SAR (3.26 ha), por lo cual es poco significativo. En esta categoría se pierden más de 200 toneladas de suelo por hectárea al año.

En el AP, la categoría con mayor presencia es la erosión moderada, que cubre un área total de 682.02 ha equivalentes al 65.33% del AP en las zonas este, suroeste y noroeste AP.

La categoría que le sigue en importancia por cubrimiento es erosión alta, la cual cubre pequeños manchones al sur y centro del AP en un área total de 241.33 ha (23.12% del AP).

La última categoría con presencia en el AP es la erosión ligera, que cubre un área total de 120.68 ha (11.56%), principalmente en el norte del AP.

Los datos anteriores indican que en términos generales la erosión en el SAR va de ligera a alta, sin embargo, en el AP se zonifica de manera más particular la erosión moderada, la cual cubre la mayor parte de la zona.

#### B) Distribución de las tierras frágiles

Para obtener los rangos de pérdida general de suelo en el SAR y AP, se sumaron los resultados de erosión eólica y erosión hídrica por medio de la plataforma de software para SIG. El resultado se categorizó en las cinco categorías descritas anteriormente, obteniéndose las áreas de cubrimiento por fragilidad-erosión (véase Mapa IV.17), en la siguiente Tabla IV.11 se muestran los datos resultantes.

*Tabla IV.11. Tierras frágiles en el SAR y AP.*

Categoría	Área de cubrimiento (ha)		Porcentaje de cubrimiento		Toneladas anuales (total)	
	SAR	AP	SAR	AP	SAR	AP
Muy alta (>200 t/ha/año)	5 136.51	241.33	37.08	23.12	3 198 410	148 109
Alta (50-200 t/ha/año)	1 749.51	318.24	12.63	30.48	135 778	19 466
Moderada (10-50 t/ha/año)	4 582.51	484.25	33.08	46.38	103 859	17 781
Ligera (5-10 t/ha/año)	2 383.51	0.2	17.21	0.02	22 713	5
Nula (<5 t/ha/año)	-	-	-	-	-	-

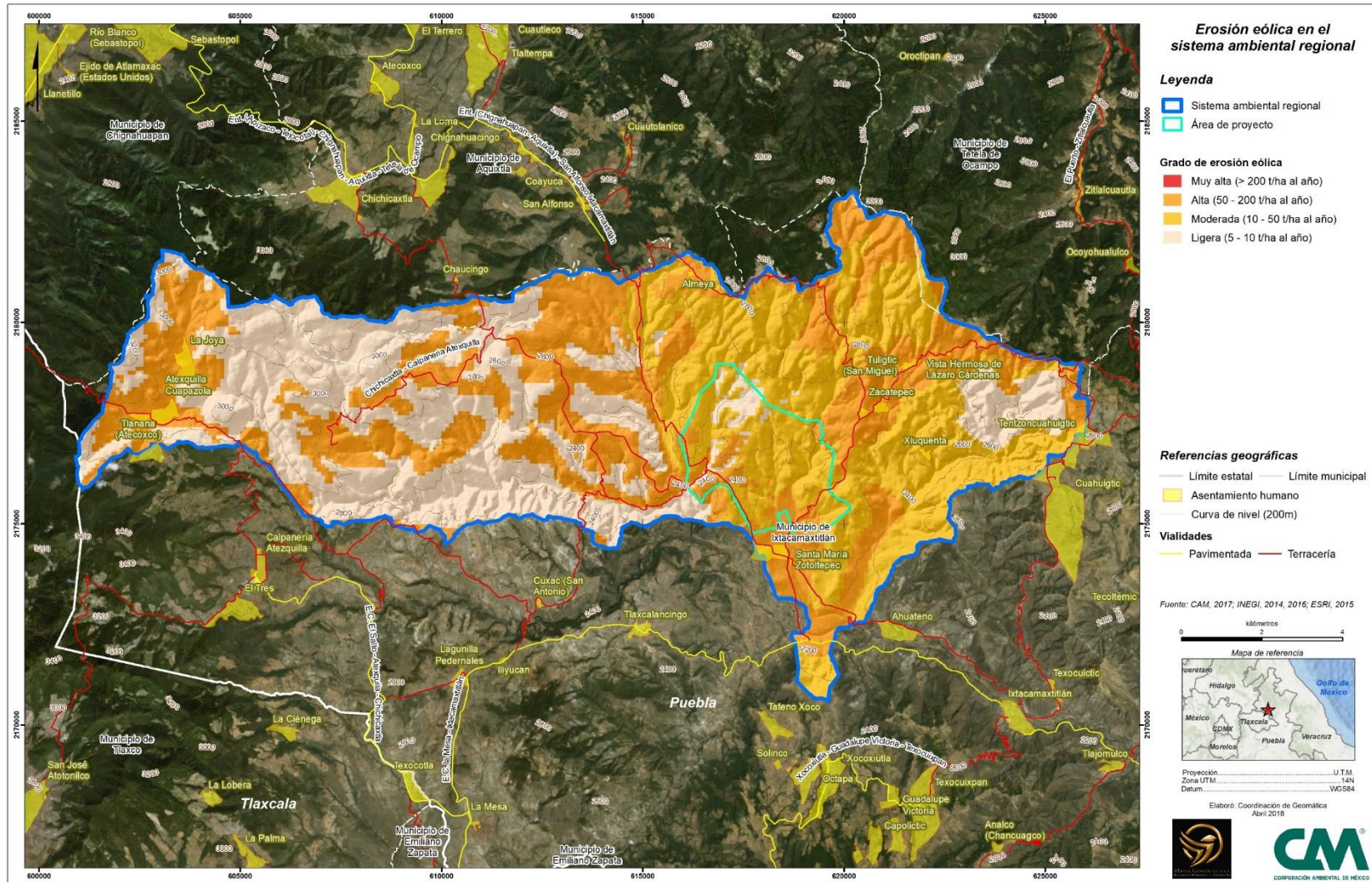
El principal grado de erosión presente en el SAR es la erosión muy alta, la cual se distribuye de manera discontinua en todo el SAR y cubre un área total de 5 136.51 ha, que representan el 37.08% del total. En el AP esta categoría cubre 241.33 ha (23.12%) y se presenta en el sur y suroeste de la huella de proyecto. En esta categoría se pierden más de 200 toneladas de suelo por hectárea al año.

El siguiente grado en importancia en el SAR es erosión moderada, que se presenta de manera discontinua en el este y sur y cubre un área total de 4 582.51 ha (33.08%). En el AP este es el grado con mayor presencia, pues cubre el 46.38% del total de la huella de proyecto (46.38%). Se presenta de manera discontinua en el centro, norte y este del AP. En esta categoría se pierden de 10 a 50 toneladas de suelo por hectárea al año.

La tercera categoría en importancia en el SAR es la erosión ligera, que se presenta principalmente al oeste del SAR cubriendo un área total de 2 383.51 ha (17.21%); en el AP tiene poca significancia, ya que únicamente cubre 0.2 ha (0.02%) en el límite sur. En esta categoría se pierden de cinco a 10 toneladas de suelo por hectárea al año.

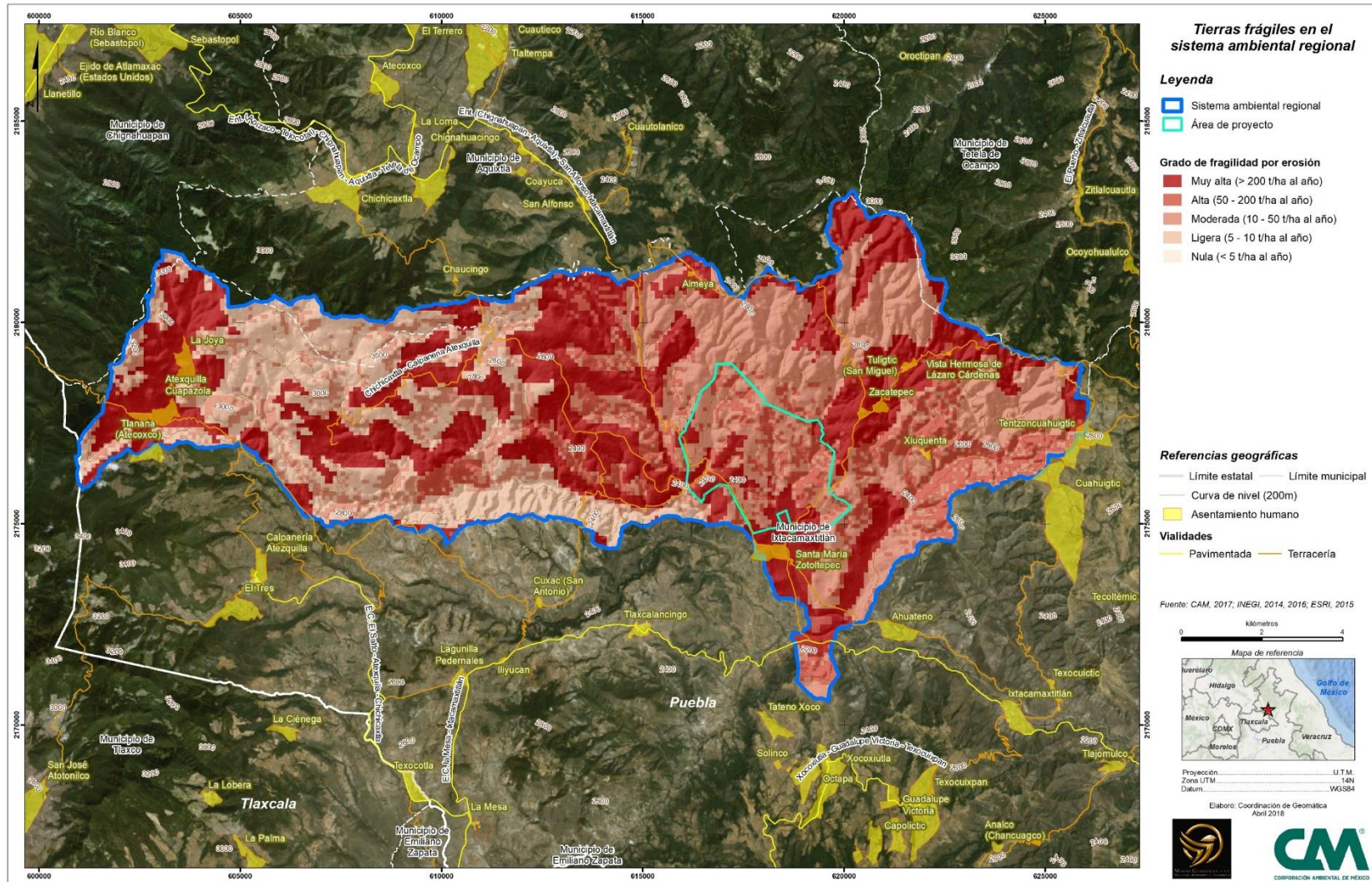
La última categoría presente tanto en el SAR como en el AP es la erosión alta, que cubre un área de 1 749.51 ha (12.63%) y 318.24 ha (30.48%) respectivamente en pequeños manchones dispersos tanto a lo largo del SAR como del AP. En esta categoría se pierden de 50 a 200 toneladas de suelo por hectárea al año.

En términos generales, el SAR presenta una fragilidad de tierras muy alta, extendida por todo el sistema, y moderada, localizada principalmente en el centro y este, cubriendo gran parte del AP, cuyo principal grado de erosión es precisamente moderada.



Mapa IV.16. Erosión eólica en el SAR.





Mapa IV.17. Tierras frágiles en el SAR.

#### IV.3.1.6. *Agua superficial y subterránea*

##### A) Agua superficial

El área cubierta por el acuífero Tecolutla pertenece a la Región Hidrológica 27 (RH27) Norte de Veracruz (Tuxpan-Nautla), y ocupa un 84% de superficie de la Cuenca del Río Tecolutla, esta región se localiza en la parte central del Golfo de México. Limita al norte y oeste con la RH26 Río Pánuco, al sur con la RH28 Papaloapan, al este al Golfo de México, donde vierte sus aguas. Comprende parte de los estados de Veracruz, Puebla y pequeñas porciones del norte de Tlaxcala y el noreste de Hidalgo.

La parte alta de la región está dominada por la Sierra Madre Oriental y la planicie por la Llanura Costera del Golfo de México.

La corriente principal recibe los nombres de arroyo Zapata, río Coyuca, río Apulco y finalmente el de río Tecolutla. Los afluentes principales son los ríos Xiucayucan, Tecuantepec y Laxaxalpan; en su curso medio recibe las aportaciones del arroyo Joloapan y del río Chichicatzapa. El colector general tiene su origen en el arroyo Zapata, en el parteaguas con la Región Hidrológica 18, a una elevación de 3 500 msnm a 20 km al norte de Huamantla de Juárez, Tlaxcala. Confluyen a él por margen izquierda los arroyos Huixcolotla y Los Lobos y a partir de esta confluencia recibe el nombre de río Coyuca. Su curso se desarrolla a 2 200 m de altitud en el estado de Puebla donde recibe por la margen izquierda los arroyos Tetzoncuahuixtic y San José y por la derecha los arroyos Texocuixpan y Tlapizaco; en ese sitio el colector cambia su nombre a río Apulco<sup>11</sup>.

El SAR también se localiza dentro de la (RH27), Cuenca Río Tecolutla y Subcuenca Río Apulco. En la Subcuenca se presentan numerosos ríos cuyo destino final es el río Apulco, escurrimiento perenne que labra el valle intermontañoso que cruza al centro de oeste a este. El río tiene un recorrido de más de 30 km dentro del municipio de Ixtacamaxtitlán, y recibe gran cantidad de tributarios, los principales son los siguientes:

Originados al poniente los ríos Clanalá, El Tule, Alhuajoyuca, La Ciénega, Las Vegas, Los Lobos, Cuchaquillo, Los Hoyos y la Galera. Originados al sur los ríos Cotepalzoca, Hacienda Vieja y Tuligtic, que cubre el norte antes de unirse al Apulco. Por último, los ríos Minatitlán, Tepetzalán, Dos Aguas, Tlazontic e Itzamanca.

Todos estos ríos además del Apulco, reciben las aguas de numerosos afluentes intermitentes que se originan en las sierras del interior. Por último, existen algunos arroyos intermitentes al sur del municipio, que no se encausan hacia el río Apulco, sino que se dirigen al sur donde forma el arroyo la Caldera, que penetra al Estado de Tlaxcala (INEGI, 2009), (INEGI, 2014).

En referencia al SAR, se reconoce el desarrollo de una incipiente red hídrica determinada como de tipo drenaje dendrítico (véase Mapa IV.18). Los ríos que se encuentran en las cercanías del SAR son el río Lobos, que se encuentra al sur del AP, y en el noroeste el río Zitlacuatla (ver Tabla IV.12).

---

<sup>11</sup> Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tecolutla (3002), Estado de Veracruz. (D.O.F. 20/04/2015)

Tabla IV.12. *Escurrecimientos de agua cercanos al proyecto.*

Escurrecimiento	Perenne/intermitente	Distancia del proyecto
Lobos	Intermitente	2.5 km al sur
Texocoapa	Intermitente	4 km al norte
Zitlacuautla	Intermitente	7 km al noroeste
Apulco	Perenne	2.4 km al suroeste

#### B) Calidad del agua superficial.

Con la finalidad de contar con datos de línea base, Minera Gorrion, desde el año 2009 y hasta el año 2016 realizó monitoreos de aguas superficiales, aguas arriba y aguas abajo del AP.

El Informe de Prefactibilidad<sup>12</sup> menciona que la calidad del agua, de acuerdo al análisis de los resultados de laboratorio para los diferentes sitios de muestreo (Cuenca coxalenteme, Cuenca el Tecolote, Río los Ameles, Río Lobos y Río Grande y Río Tuligtic), veasé Figura IV.3 Sitios de monitoreo para la calidad de agua superficial y subterránea.

Las concentraciones de iones generalmente disminuyeron de aguas arriba a aguas abajo y fueron más altas en las cuencas de Coxalenteme y El Tecolote que en sitios fuera del área del proyecto.

El agua dentro del área del proyecto se clasifica generalmente como neutra a ligeramente básica, dura a muy dura y bien amortiguada, con turbidez variable y sólidos suspendidos totales (TSS).

La turbidez y los TSS aumentaron de aguas arriba a aguas abajo en las cuencas de Coxalenteme y El Tecolote, y excedieron los estándares de calidad de agua relevantes en algunos sitios.

Los sitios aguas arriba (El Tecolote y Coxalenteme) tuvieron corriente suficiente para muestrear agua superficial durante todo el año, pero los sitios de monitoreo en los tramos inferiores de estas cuencas fueron frecuentemente reportados como secos fuera de la estación lluviosa.

Las condiciones de corriente siempre fueron suficientes para recolectar muestras de calidad del agua aguas abajo en el río Apulco y río Los Lobos y solo ocasionalmente se reportó como seco el río Los Ameles.

Las concentraciones totales y disueltas de algunos metales (aluminio, cobre, hierro cromo y plomo) aumentaron de aguas arriba a aguas abajo en la cuenca El Tecolote y en la cuenca Coxalenteme.

Los resultados analíticos se compararon con los estándares de calidad del agua incluidos en: la Ley Federal de Derechos en Materia de Aguas Nacionales (LFD) y Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 (estándares de agua potable) y NOM-001-SEMARNAT-

---

<sup>12</sup> Ixtaca Project. Preliminary Feasibility Study. Technical Report

1996 (estándares de descarga para riego y vida acuática). Los estándares se seleccionaron en función de los posibles usos locales, que incluyen: vida acuática, riego y agua potable.

Los valores de referencia de vida acuática más frecuente fueron reportados excedentes para los siguientes parámetros: sólidos suspendidos totales (TSS en inglés), amoníaco, aluminio disuelto y total, bario disuelto y total, y hierro total. Las concentraciones de estos parámetros excedieron los estándares de la Ley Federal de Derechos en materia de Agua (LFD-Aq, en inglés), en la mayoría de las muestras recolectadas para la mayoría de los sitios. El plomo y el zinc totales también excedieron los estándares en las muestras recolectadas en la mayoría de los sitios; sin embargo, los estándares excedidos fueron menos frecuentes (es decir, menos de la mitad del número total de muestras). Los parámetros que excedieron la LFD-Aq, esporádicamente en uno o dos sitios incluyen berilio total, cromo, cobre, mercurio, molibdeno y plata, y hierro disuelto, molibdeno y zinc.

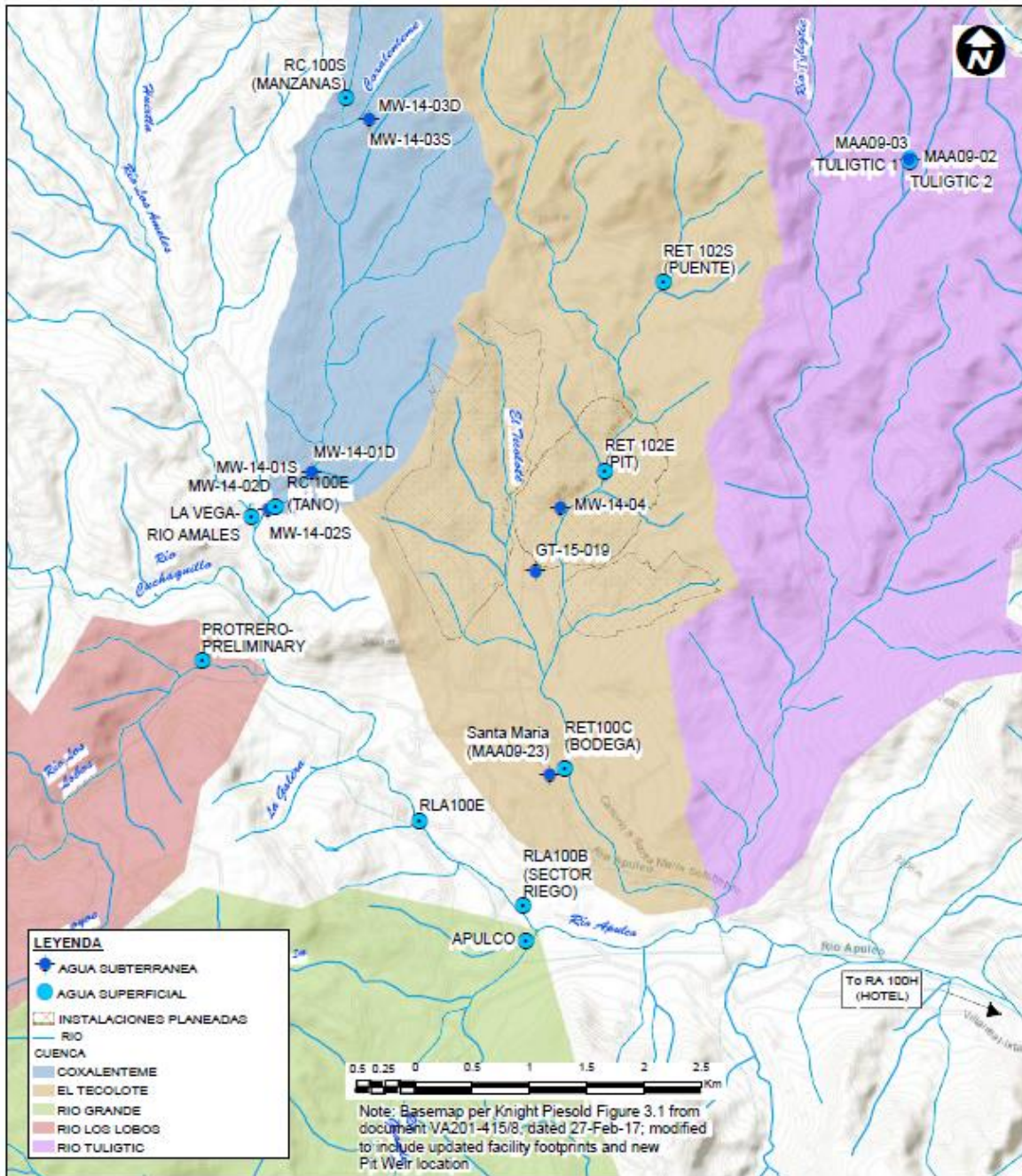
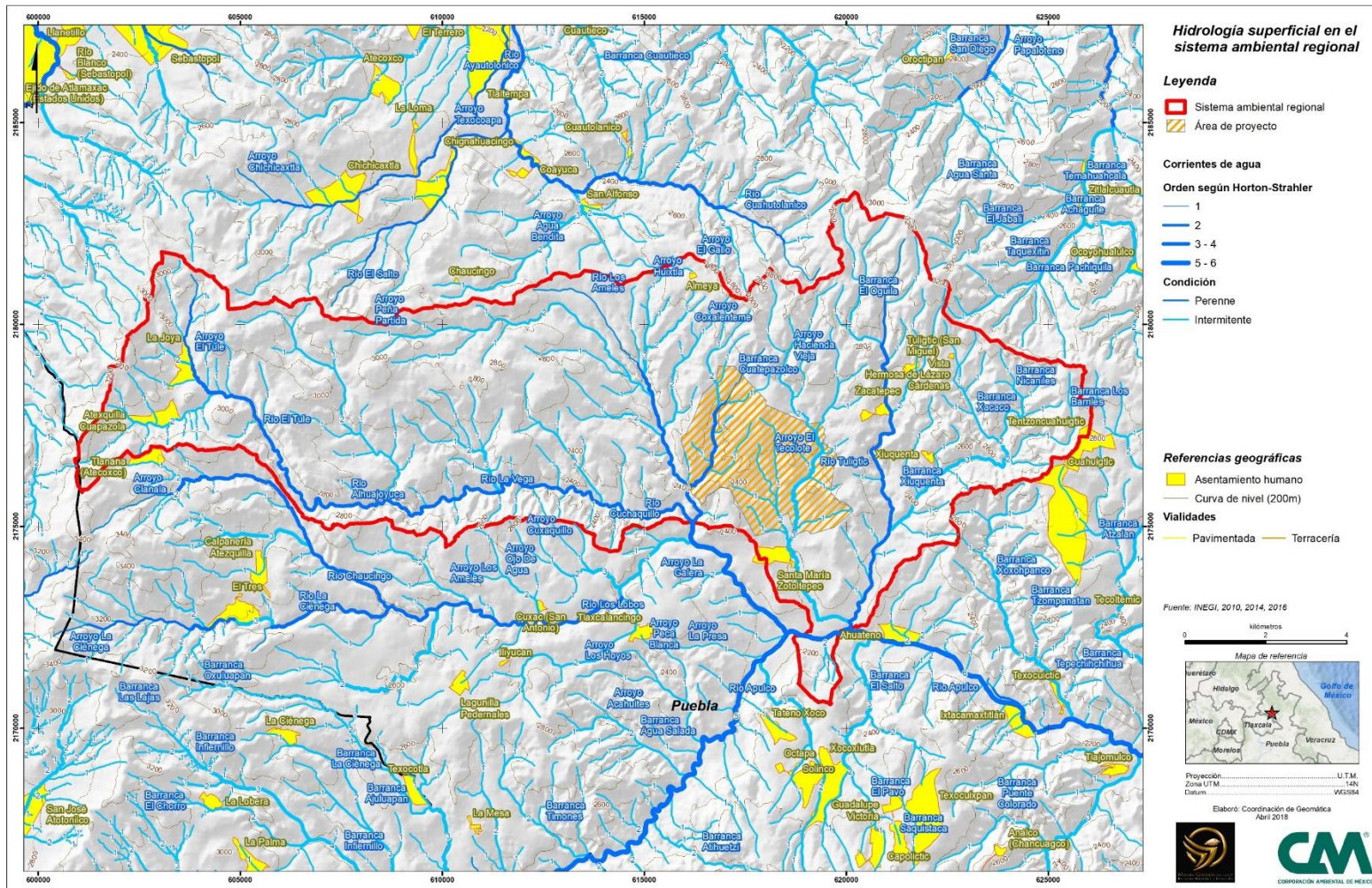


Figura IV.3 Sitios de monitoreo para la calidad de agua superficial y subterránea



Mapa IV.18. Hidrología superficial en el SAR.

### C) Agua subterránea

El SAR se localiza dentro del acuífero Río Tecolutla, que es definido con la clave 3002 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas de la Comisión Nacional del Agua (SIGMAS), se localiza en la porción centro-norte del estado de Veracruz, entre los paralelos 19°29' y 20°44' de latitud norte y los meridianos 96°59' y 98°16' de longitud oeste, cubriendo una superficie de 7 584 km<sup>2</sup>. El acuífero pertenece al Organismo de Cuenca X "Golfo Centro"<sup>13</sup>.

Geopolíticamente el acuífero abarca 69 municipios. Del Estado de Veracruz comprende 14 municipios; en el Estado de Puebla, comprende 55 municipios, incluido en su totalidad el municipio de Ixtacamaxtitlán, en donde se localiza el proyecto, el cual, como ya se ha mencionado en el Capítulo II no considera utilizar el recurso hídrico subterráneo.

El acuífero, está conformado por dos medios hidrogeológicos, uno de naturaleza porosa y otro fracturado, que conforman un acuífero de tipo libre heterogéneo y anisótropo de baja capacidad de almacenamiento. El medio poroso constituye la unidad superior y está constituido por los sedimentos aluviales de granulometría que varía de gravas a arcillas, que constituyen el lecho y la llanura de inundación del Río Tecolutla y otros arroyos tributarios, así como depósitos eólicos, litorales y conglomerados que conforman la planicie costera. Ésta es la unidad que se explota actualmente para satisfacer las necesidades de agua de la región (véase Mapa IV.19). La porción inferior del acuífero se aloja en una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas, entre las que destacan intercalaciones de calizas, areniscas, basaltos, tobas y brechas volcánicas, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento. Las calizas y areniscas constituyen horizontes acuíferos que pueden presentar condiciones de confinamiento, debido a que su litología incluye alternancia con lutitas y limolitas.

La elevación del nivel estático para el año 2014, registró valores de carga hidráulica que variaban entre 1 y 140 m sobre el nivel del mar, incrementándose de la zona costera hacia el occidente y al suroccidente, de manera paralela a la dirección de escurrimiento del Río Tecolutla, con gradientes hidráulicos de 0.02 a 0.002, mostrando el reflejo de la topografía, al igual que los valores de profundidad, lo que indica que el flujo subterráneo no muestra alteraciones o distorsiones causadas por la concentración de pozos o del bombeo, debido a que su valor de recarga es muy superior al de su extracción. Las zonas de recarga se localizan en los lomeríos situados en la porción occidental y suroccidental del acuífero, el agua subterránea circula a través de los valles que recorre el Río Tecolutla y su gran cantidad de arroyos tributarios, para finalmente descargar hacia el Golfo de México.

La evolución del nivel estático no registra cambios importantes en su posición en la mayor parte de su superficie, sólo presenta cambios estacionales naturales ocasionados por la alternancia de las temporadas de estiaje y lluvias. Las escasas mediciones piezométricas recabadas se encuentran dispersas en tiempo y espacio, no cubren en su totalidad la extensión superficial del acuífero y sólo muestran variaciones locales heterogéneas.

La disponibilidad media anual en el acuífero Tecolutla, se determinó considerando una recarga media anual de 181.0 Mm<sup>3</sup> anuales; una descarga natural comprometida de 129.0 Mm<sup>3</sup> anuales, que corresponde a la suma del flujo base hacia el Río Tecolutla y la salida por flujo subterráneo, y el volumen concesionado e inscrito en el Registro Público de

---

<sup>13</sup> Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tecolutla (3002), Estado de Veracruz. (D.O.F. 20/04/2015)

Derechos de Agua al 30 de junio de 2014, de 15.51 Mm<sup>3</sup> anuales, resultando una disponibilidad media anual de agua subterránea de 36.48 Mm<sup>3</sup> anuales (véase Tabla IV.13).

Tabla IV.13. Datos balance hídrico del acuífero Tecolutla (3002)

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXT	DAS	DÉFICIT
		cifras en millones de metros cúbicos anuales					
3006	TECOLUTLA	181.0	129.0	15.513732	9.0	36.486268	0.000000

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

Esta cifra indica que existe volumen disponible para otorgar concesiones o asignaciones en el acuífero Tecolutla, clave 3002.

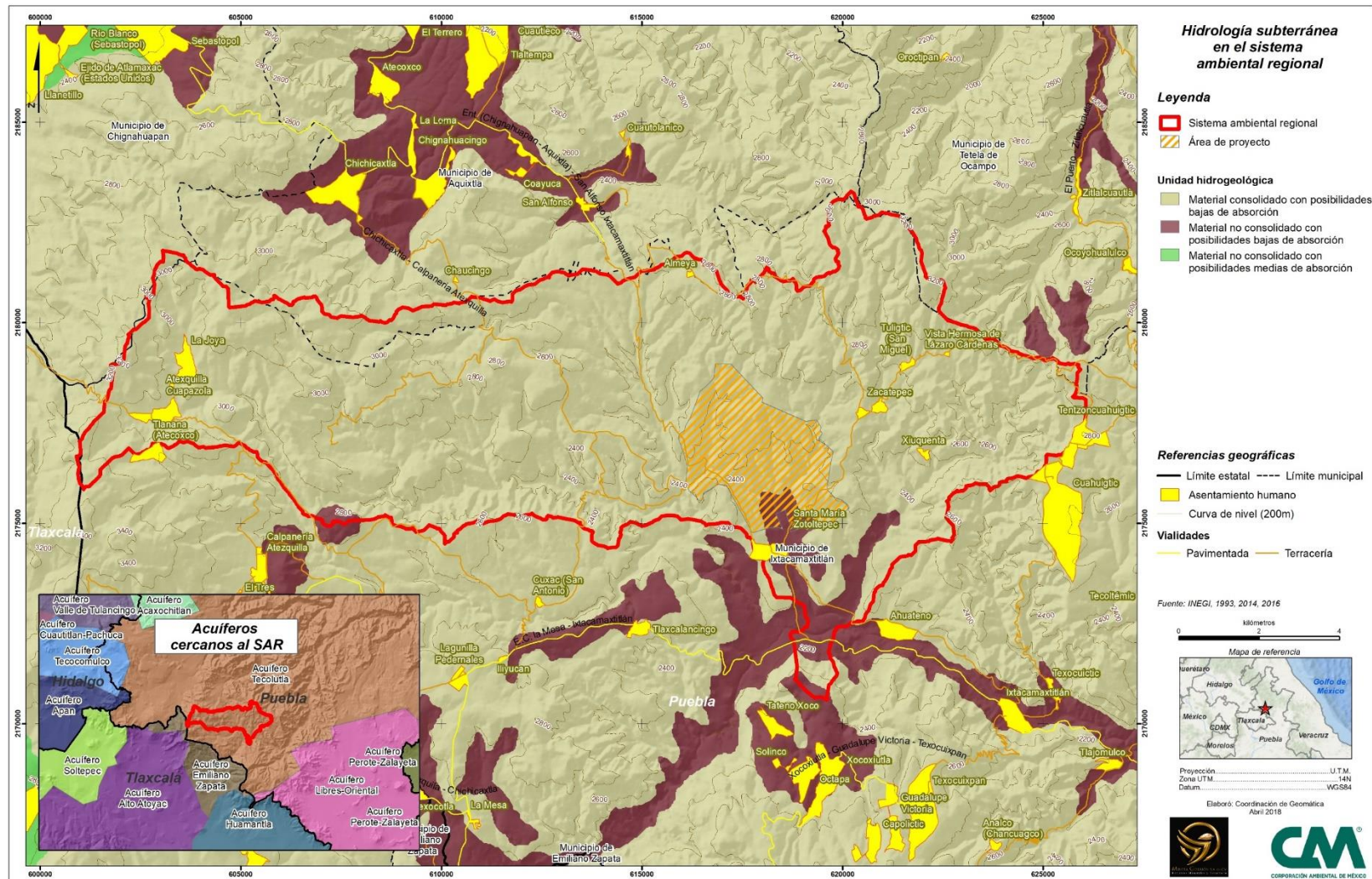
Con la finalidad de evitar el aumento de la extracción sin control de agua subterránea y los efectos adversos de la explotación intensiva, el acuífero Tecolutla, clave 3002, en el Estado de Veracruz, actualmente se encuentra sujeto a los siguientes instrumentos jurídicos:

- a) "DECRETO que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo de la cuenca cerrada denominada Oriental, en los Estados de Puebla y Tlaxcala", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de agosto de 1954, el cual comprende una pequeña porción del extremo sur del acuífero Tecolutla, clave 3002, en el Estado de Veracruz;
- b) "DECRETO que establece veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en las cuencas de las lagunas de Tochac y Tecocomulco, en los estados de Hidalgo, Puebla y Tlaxcala", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 17 de junio de 1957, el cual comprende una pequeña porción en el extremo oeste del acuífero Tecolutla, clave 3002, en el Estado de Veracruz;
- c) "ACUERDO General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento en las porciones no vedadas, no reglamentadas o no sujetas a reserva de los 175 acuíferos que se indican", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de abril de 2013, a través del cual en la porción no vedada del acuífero Tecolutla, clave 3002, en el Estado de Veracruz, que en el mismo se indica, se prohíbe la perforación de pozos, la construcción de obras de infraestructura o la instalación de cualquier otro mecanismo que tenga por objeto el alumbramiento o extracción de las aguas nacionales del subsuelo, así como el incremento de los volúmenes autorizados o registrados, sin contar con concesión, asignación o autorización emitidos por la Comisión Nacional del Agua, hasta en tanto se emita el instrumento jurídico que permita realizar la administración y uso sustentable de las aguas nacionales del subsuelo;

Por otro lado, existe el riesgo de contaminación por las fuentes potenciales, principalmente por las actividades agrícolas que usan fertilizantes y agroquímicos, en menor proporción por la descarga de aguas residuales sin tratamiento y por la falta de sistemas de alcantarillado, así como por la presencia de basureros y gasolineras. Es importante también considerar el riesgo latente por contaminación con hidrocarburos, debido a la existencia de la infraestructura de Petróleos Mexicanos<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de las aguas nacionales subterráneas del acuífero Tecolutla, clave 3002, en el Estado de Veracruz, Región Hidrológico-Administrativa Golfo Centro. Recurso disponible en línea. Consultado el 25/4/2018. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5440062&fecha=06/06/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5440062&fecha=06/06/2016)





Mapa IV.19. Hidrología subterránea en el SAR.

#### D) Calidad del agua subterránea

De acuerdo con el documento *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tecolutla (3002), Estado de Veracruz. (D.O.F. 20/04/2015)*. En el año 2010 se tomaron 20 muestras de agua subterránea en aprovechamientos distribuidos en la zona para su análisis fisicoquímico correspondiente. Las determinaciones incluyeron: temperatura, conductividad eléctrica, pH, Eh, Nitratos, dureza total, iones mayoritarios, sólidos totales disueltos (STD) y análisis bacteriológicos.

De manera general, las concentraciones de los diferentes iones y elementos no sobrepasan los límites máximos permisibles que establece la Norma Oficial Mexicana, para los diferentes usos. La concentración de sólidos totales disueltos presenta valores que varían de 154 a 914 ppm, que no sobrepasan el límite máximo permisible de 1 000 ppm establecido en la NOM-127-SSA1-1994 de STD para el agua destinada al consumo humano.

Con respecto a la conductividad eléctrica, el agua se clasifica de manera general como dulce, de acuerdo al criterio establecido por la American Potability and Health Association (APHA, 1995), ya que sus valores varían de 140 a 5120 $\mu$ S/cm. Para el pH se registran valores de 6.3 a 7.6, que representa agua ligeramente alcalina en la que existe predominio en el contenido de carbonatos, con respecto a los sulfatos. Con respecto a la temperatura del agua muestreada, se registraron valores de 22.8 a 25.5.

De acuerdo con el criterio de Wilcox, que relaciona la conductividad eléctrica con la Relación de Adsorción de Sodio (RAS), el agua extraída se clasifica como de salinidad media (C2) y contenido bajo de sodio intercambiable (S1), lo que indica que es apropiada para su uso en riego sin restricciones. Con respecto a las concentraciones de elementos mayores por ion dominante, se identificó como familia dominante la bicarbonatada-cálcica, que corresponde a agua de reciente infiltración.

De acuerdo al Informe de Prefactibilidad antes mencionado, se han identificado tres tipos de aguas subterráneas dominantes en el área del proyecto: (1) sulfato de calcio, (2) bicarbonato de calcio y (3) bicarbonato de sodio. Algunas ubicaciones tienen tipos de aguas intermedias, específicamente con respecto al predominio de carbonato o sulfato. Los tipos de agua no están bien correlacionados con unidades litológicas específicas, pero es probable que estén influenciados por su posición dentro de la cuenca hidrográfica, el enriquecimiento geoquímico localizado y el tiempo de residencia del agua subterránea en las cercanías de cada pozo de monitoreo. El agua subterránea en el área del proyecto se caracteriza generalmente como pH neutro a ligeramente básico, alcalino con una fuerte capacidad de amortiguación y dureza variada (veasé Figura IV.3 Sitios de monitoreo para la calidad de agua superficial y subterránea

## IV.3.2. Medio biótico

### IV.3.2.1. Vegetación

#### A) Comunidades vegetales del SAR

##### **Aspectos fitogeográficos**

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad (CONABIO) define a las Provincias Biogeográficas como grandes extensiones con flora y fauna que son clasificadas de acuerdo a los requerimientos y características similares que comparten. En el caso del presente proyecto, el SAR se encuentra mayoritariamente en la Provincia Florística “Sierra Madre Oriental” y en menor extensión en la Provincia Florística “Altiplanicie”. Por otro lado, el AP se encuentra ubicado en su totalidad dentro de la Provincia Florística “Sierra Madre Oriental”.

En algunas ocasiones es difícil identificar su límite pues la Sierra Madre Oriental tiende a confundirse con el Eje Volcánico Transversal. A lo largo de esta zona las rocas calizas y los Bosques de Encinos son predominantes, aunque también se presentan Bosque de Pino y algunas otras comunidades.

La Provincia del Altiplanicie es la más extensa del país, la altitud que corresponde a esta zona varía de 1 000 a 2 000 msnm., por lo que las temperaturas bajas son comunes en el sitio, de igual manera la presencia de especies endémicas es considerable y abundan debido a la diversidad de substratos geológicos. La vegetación predominante en la provincia consiste en matorrales xerófilos, pastizales y bosque espinoso (mezquital).

##### *Regiones Terrestres prioritarias*

La CONABIO en el año 2000, estableció una serie de áreas consideradas como prioritarias para la conservación biológica del país. En el contexto de este sistema de Regiones Terrestres Prioritarias para la conservación (RTP's) se observa que el SAR no se encuentra ubicado en alguna RTP, no obstante, las cuatro regiones prioritarias, más cercanas son: “Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental”, del lado noroeste; “Cuetazalan”, en el noreste; en el sureste y suroeste colinda con la región de “La Malinche” (véase Mapa IV.20).

##### *Sitios Terrestres Prioritarios*

Los Sitios Terrestres Prioritarios (STP) son polígonos hexagonales que tienen un área de 256 km<sup>2</sup> cada una, las cuales permiten cumplir con las metas de conservación establecidas para los distintos elementos de la biodiversidad seleccionados en la menor área posible (CONABIO, 2008). El SAR se encuentran en tres SPT, con prioridad alta (N=1, 145) y prioridad media (N=1, 093), mientras que el AP se ubica en dos STP, ambos con prioridad alta (véase Mapa IV.21 STP en el SAR). A pesar de que el SAR se encuentra dentro de tres STP, el proyecto considera diferentes actividades para mantener los sistemas de áreas protegidas eficazmente.

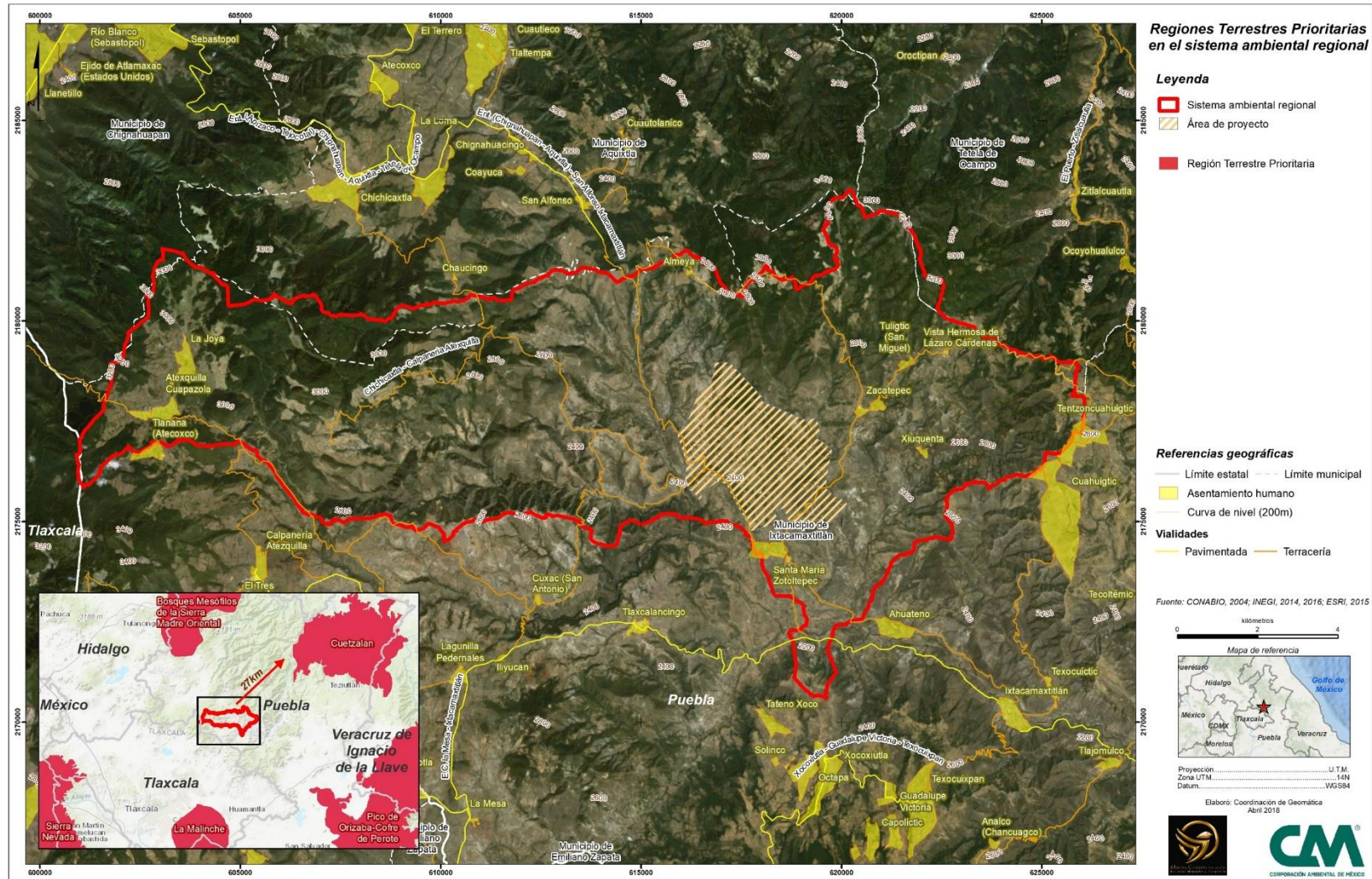
##### *Regiones Hidrológicas Prioritarias.*

Las Regiones Hidrológicas prioritarias (RHP) tienen como objetivo obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas de acuíferos del país, considerando las características de la biodiversidad y los patrones sociales y económicos, para poder

desarrollar planes de Investigación, conservación, uso y manejo sostenido (CONABIO, 2008).

El SAR se encuentra en la Región Hidrológica No. 76 “Río Tecolutla” (véase Mapa IV.22), perteneciente a la región del Golfo de México, cuenta con una superficie de 7 950.05 km<sup>2</sup>, sus principales recursos hídricos provienen de la Presa Necaxa, el Río Tecolutla, Necaxa, Laxaxapa, Apulco y Tejocotal. Así mismo, esta región hidrológica presenta Alta Biodiversidad que se ve afectada, entre otras cosas, por la modificación de su entorno por deforestación, pérdida de suelo, deslaves, desecación de ríos y mantos freáticos, y por actividades agropecuarias.

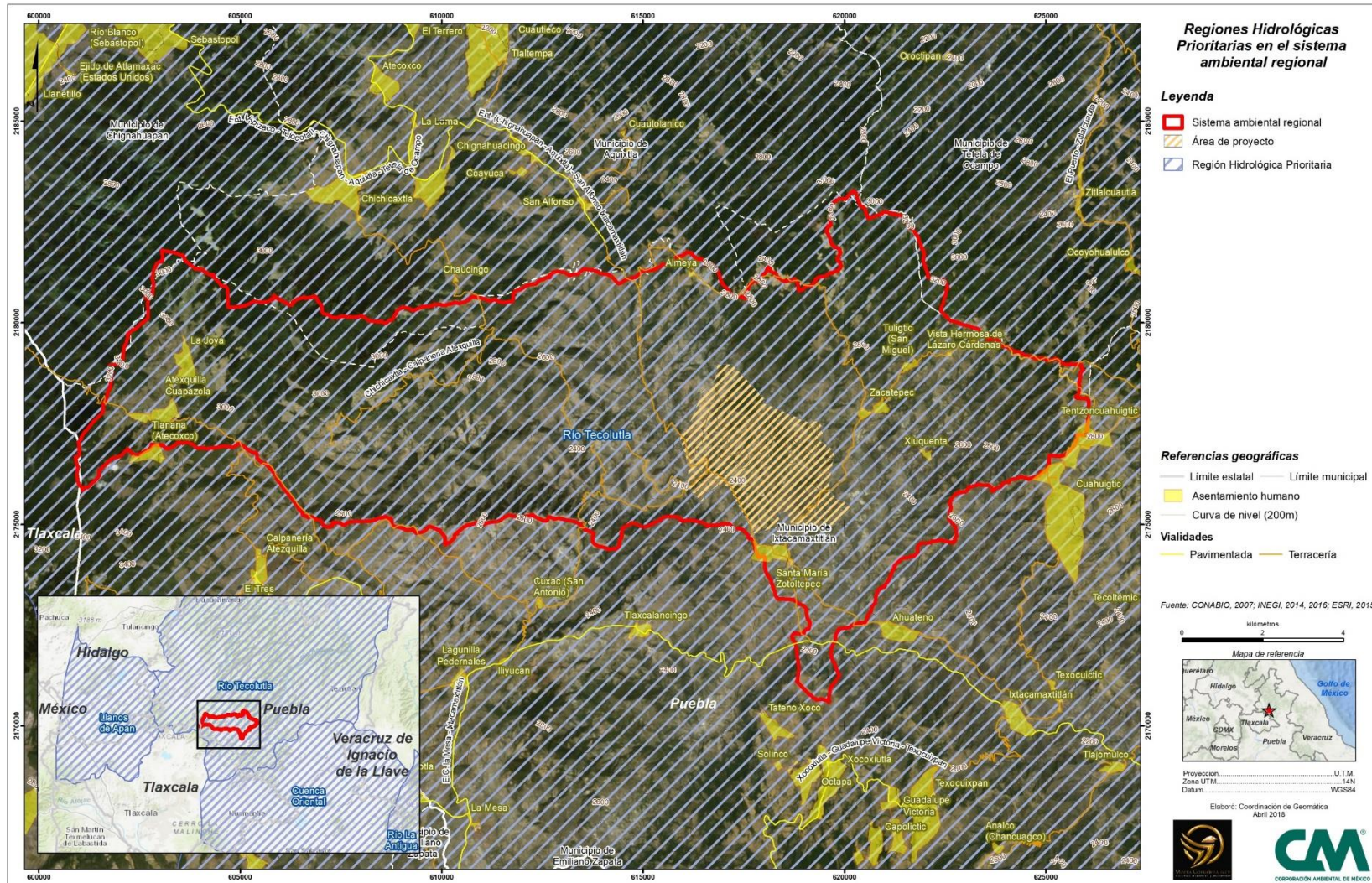
Página intencionalmente dejada en blanco.



Mapa IV.20.Regiones Terrestres Prioritarias en el SAR.



Mapa IV.21. Sitios Terrestres Prioritarios en el SAR.



Mapa IV.22. Regiones Hidrológicas Prioritarias en el SAR.



## B) Tipos de vegetación

Conforme a la información obtenida de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V, publicada por INEGI, en el SAR es posible identificar 10 categorías de clasificación, las cuales se muestran en la Tabla IV.14 y Mapa IV.23, destacando que la vegetación terrestre fue en varios casos de tipo “secundaria” o bien agricultura y pastizales, con menor incidencia de vegetación primaria, lo que da una idea de la degradación del área.

*Tabla IV.14. Usos de suelo y vegetación dentro del SAR, conforme con la Serie V de INEGI.*

<b>Tipos de vegetación</b>	<b>Superficie de ocupación ha</b>	<b>Superficien en %</b>
Agricultura de temporal anual	2 674.59	19.31
Agricultura de temporal anual y permanente	2 672.70	19.29
Bosque de pino	3 077.66	22.22
Bosque de pino-encino	430.61	3.11
Bosque de táscate	1 245.46	8.99
Pastizal inducido	1 566.55	11.31
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	0.14	0.00
Vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate	2 034.41	14.69
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	9.20	0.07
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	140.71	1.02

Por su parte, dentro del área del proyecto, únicamente se reportan cinco tipos de vegetación los cuales se presentan en la siguiente Tabla IV.15.

*Tabla IV.15. Usos de suelo y vegetación dentro en el AP*

<b>Tipos de vegetación</b>	<b>Superficie de ocupación ha</b>	<b>Superficien en %</b>
Bosque de táscate	0.55	0.05
Pastizal inducido	84.71	8.11
Agricultura de temporal anual	191.48	18.34
Agricultura de temporal anual y permanente	88.93	8.52
Vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate	678.35	64.97

EL Bosque de Táscate representa sólo un 0.05% del área total con 0.55 ha que se localizan al suroeste del AP, las cuales permanecerán intactas para el proyecto.

A continuación, se describen los tipos de uso de suelo y vegetación antes indicados a fin de dar un panorama de lo que se puede encontrar en el SAR y AP.

*Bosque de pino presente en el SAR. Fuente: CAM, 2017*



Es una comunidad constituida por árboles del género *Pinus*, de amplia distribución. Estos bosques que con frecuencia se encuentran asociados con encinares y otras especies, son los de mayor importancia económica en la industria forestal del país por lo que prácticamente todos soportan actividades forestales como producción de madera, resinación, obtención de pulpa para celulosa, portería y recolección de frutos y semillas.

La fisionomía de estos bosques es característica, presentando alturas de los 15 a los 30 m en promedio. Se encuentran desde los 300 msnm hasta los 4 200 msnm en el límite altitudinal de la vegetación arbórea. Las especies más comunes que caracterizan este tipo de vegetación son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*Pinus hartwegii*), ocote blanco (*Pinus montezumae*), pino lacio (*Pinus pseudostrobus*), pino chino (*Pinus teocote*), pino ayacahuite (*Pinus ayacahuite*), entre otros.

*Bosque de pino-encino. Fuente: CONABIO*



Esta comunidad se considera como fase de transición en el desarrollo de bosques de pino o encino puros. Se distribuye ampliamente en la mayor parte de la superficie forestal de las partes altas de los sistemas montañosos. En Puebla, se desarrolla principalmente en zonas de clima templado subhúmedo, en las laderas occidentales de la Sierra Madre Oriental y en el Eje Neovolcánico. Algunas de las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*Pinus hartwegii*), ocote blanco (*Pinus montezumae*), pino lacio (*Pinus pseudostrobus*), pino chino (*Pinus teocote*), pino ayacahuite (*Pinus ayacahuite*), encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino (*Quercus magnoliifolia*), encino blanco (*Quercus candicans*), roble (*Quercus crassifolia*), encino quebracho (*Quercus rugosa*), entre otros.

*Uso de suelo agrícola presente en el SAR.  
Fuente: CAM, 2017.*



Área destinada al cultivo agrícola. Los principales cultivos en el estado son maíz, cebada, tuna, zanahoria, café y frijol. Mientras que en el municipio de Ixtacamaxtitlán se cultiva ajo, maíz y especies forrajeras.

*Pastizal inducido presente en el SAR.  
Fuente: CAM, 2017*



Es aquel que surge cuando la vegetación original es eliminada; es decir, como consecuencia de desmonte, áreas agrícolas, o incendios. En ocasiones, los pastizales inducidos corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral. El pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana que lo mantiene. Los pastizales inducidos son comunes en las cercanías de los poblados y se encuentran intensamente pastoreados que durante la mayor parte del año la cubierta vegetal herbácea no pasa de una altura media de 5 cm. Las especies dominantes más comunes pertenecen a los géneros *Bouteloua*, *Cathestecum*, *Hilaria*, *Trachypogon* y. También son abundantes algunas leguminosas (INEGI, 2009).

*Bosque de táscate  
Fuente: <http://www.biodiversidad.gob.mx>.*



La mayor parte de este tipo de vegetación se concentra en el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, esta representado por los géneros *Juniperus* (sabino o táscate), y *Cupressus* (cedros) cuyos árboles son perennes, y alcanzan alturas entre 3-6 m y con frecuencia formados por individuos algo espaciados, son integrantes de los bosques de pino y encino; se desarrolla en zonas de menor humedad, dentro de las regiones de clima templado subhúmedo, por lo general en zonas de transición con vegetación de zonas áridas y tropicales subhúmedas. Los suelos característicos son litosol, phaeozem. La precipitación promedio anual no excede los 700 mm y se encuentran a una altitud de 700 a 1 700 m.

### *Fases de vegetación secundaria en el SAR y AP*

En las comunidades vegetales en forma natural existen elementos de disturbio que alteran o modifican la estructura o incluso cambian la composición florística de la comunidad, entre alguno de esos elementos podemos citar: Incendios, huracanes, erupciones, heladas, nevadas, sequías, inundaciones, deslaves, plagas, variaciones climáticas, etcétera. Así, las comunidades vegetales responden a estos elementos de disturbio o cambio modificando su estructura y composición florística de manera muy heterogénea de acuerdo también a la intensidad del elemento de disturbio, la duración del mismo y sobre todo a la ubicación geográfica del tipo de vegetación.

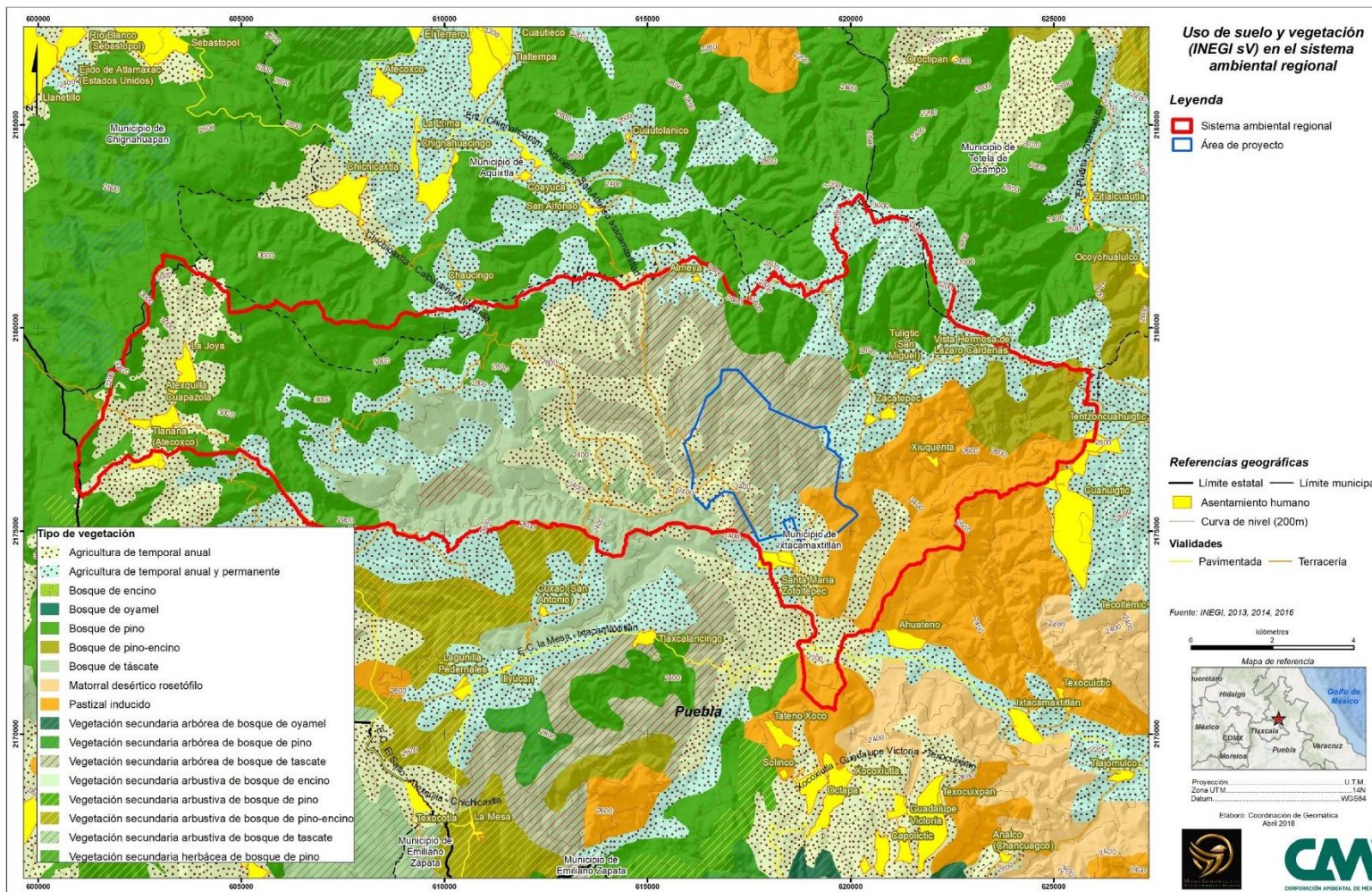
A lo largo de miles de años varias especies se han adaptado a cubrir, por decirlo de alguna manera, esas áreas afectadas en la cuales las condiciones ecológicas particulares de la comunidad vegetal se han alterado. En general cada comunidad vegetal tiene un grupo de especies que cubren el espacio alterado, son pocas las especies que tienen un amplio espectro de distribución y aparecen en cualquier área perturbada.

Estas especies forman fases sucesionales conocidas como “Vegetación Secundaria” (cuando un tipo de vegetación es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales el resultado es una comunidad vegetal significativamente diferente a la original y con estructura y composición florística heterogénea) que en forma natural y con el tiempo pueden favorecer la recuperación de la vegetación original.

Actualmente y a causa de la actividad humana, la definición y determinación de vegetación secundaria se ha vuelto más compleja, ahora las áreas afectadas ocupan grandes superficies y variados ambientes, ya no son tan localizadas y, a veces, la presión es tanta que inhibe el desarrollo de la misma provocando una vegetación inducida.

A causa de la complejidad de definir los tipos de fases sucesionales, dada su heterogeneidad florística y ecológica y su difícil interpretación, aún en campo; se consideran con base en las formas de vida presentes y su altura tres fases:

- Vegetación Secundaria herbácea
- Vegetación Secundaria arbustiva
- Vegetación Secundaria arbórea



Mapa IV.23. Uso de suelo y vegetación en el SAR.

### C) Diagnóstico de la cobertura vegetal del SAR

Como producto de la influencia de las actividades humanas, la cubierta vegetal original en el SAR ha sido modificada en las áreas que se han destinado a la agricultura de temporal y zona urbana, dónde las especies nativas han sido sustituidas por especies cultivables y diversos asentamientos humanos, respectivamente. Sin embargo, aproximadamente el 50% de la superficie del SAR está ocupada por vegetación forestal, por lo que se tiene alta cobertura vegetal, evitando así la erosión del suelo.

### D) Usos de suelo y vegetación del SAR

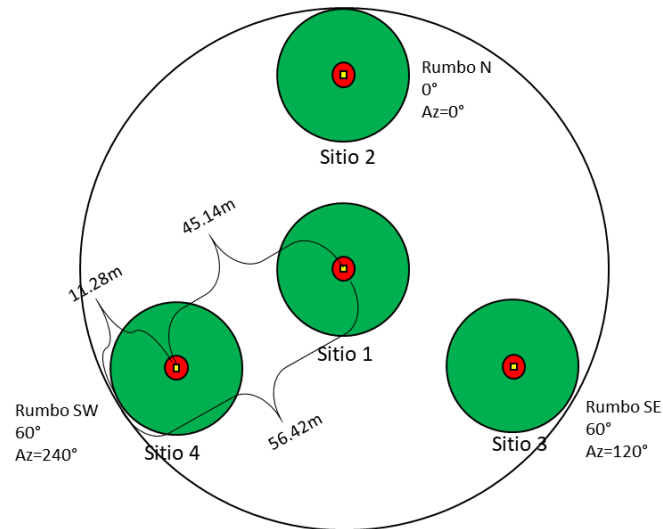
Para la caracterización de la vegetación presente en el SAR (véase Mapa IV.24), se realizaron 22 conglomerados, 11 conglomerados en la época de secas (11 – 15 de enero de 2017<sup>15</sup>) y 11 en la época de lluvias (23 de agosto -01 de septiembre de 2017), de los cuales cuatro (4) fueron en bosque de táscate y diez (10) en vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate, tres (3) en bosque de pino, tres (3) en área de agricultura temporal y los dos (2) restantes en pastizal inducido. Cada uno de estos conglomerados abarcó un área de 10 000 m<sup>2</sup> (1 ha).

Para la caracterización de la vegetación el SAR se empleó la metodología de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la cual consiste en realizar una parcela circular de aproximadamente una hectárea denominada Unidad de Muestreo Primaria (UMP) con un radio aproximado de 56 m, en la que se evaluaron cuatro Unidades de Muestreo Secundarias (UMS) dispuestas geométricamente en forma de “Y invertida” con direcciones Norte (N), Sureste (SE) y Suroeste (SO), con una distancia de centro a centro de 45 m a partir del primer UMS ubicado al centro del conglomerado.

Cada UMS, también de forma circular, está conformada por tres subsitios: en el primero y de mayor superficie con aproximadamente 11 m de radio (400 m<sup>2</sup>), se registraron los árboles mayores a 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) y las suculentas (cactáceas, agaves, etc.). El segundo subsitio, anidado en el anterior, tiene 2 m de radio (12.56 m<sup>2</sup>), en él se incluyeron arbustos y árboles con un DAP menor a 7.5 cm (renuevos). El tercer subsitio corresponde a un cuadrado de un metro por lado (1 m<sup>2</sup>) donde se registraron porcentualmente los elementos de vegetación menor (gramíneas y herbáceas), y cubierta del suelo (roca, suelo desnudo, hojarasca, gravas y piedras). Tal como se muestra en la siguiente Figura IV.4.

---

<sup>15</sup> Trabajo de campo reliazado por otro consultor. Los datos registrados fueron considerados para los análisis cuantitativos de acumulación de especies y de diversidad para cada uno de los tipos de vegetación estudiados.






	Sitio de 400 m <sup>2</sup> (Radio =11.28 m) para medir árboles con diámetro mayor de 7.5 cm.
	Subsitio de 12.56 m <sup>2</sup> (Radio = 2 m) para registrar renuevo: elementos con DN<7.5 cm y altura 25 cm.
	Subsitio de 1 m <sup>2</sup> (L=1m) registro de hierbas, helechos, musgos y líquenes

Figura IV.4 Metodología de muestreo

Fuente: CONAFOR, 2010.

## Datos de campo

La información registrada para cada sitio de muestreo se enlista a continuación:

- Fecha.
- Tipo de vegetación.
- Número de Conglomerado.
- Sitio (Centro, Norte, Sureste y Suroeste).
- Coordenadas UTM del sitio central.
- Registro fotográfico de las coordenadas señaladas por el GPS.
- Por su parte, las características dasométricas y porcentuales registradas para los distintos sitios y subsitios de muestreo fueron las siguientes:

Subsitio de 1m<sup>2</sup>:

Porcentaje de elementos en suelo: Herbáceas, gramíneas, hojarasca, suelo desnudo, rocas, gravas y piedras, entre otros.

Máximo 100% en conjunto.

Subsitio de 12.56m<sup>2</sup>:

Especies arbustivas y renuevos.

- Abundancia por especies.
- Altura y Cobertura.

Sitio de 400 m<sup>2</sup>:

Especies arbóreas y cactáceas.

- D.A.P.
- Altura.
- Cobertura.

El registro de los organismos dentro del Estrato Arbóreo se realizó iniciando el conteo de los arboles con dirección al Norte y siguiendo el sentido de las manecillas del reloj, como se muestra en la siguiente Figura IV.5

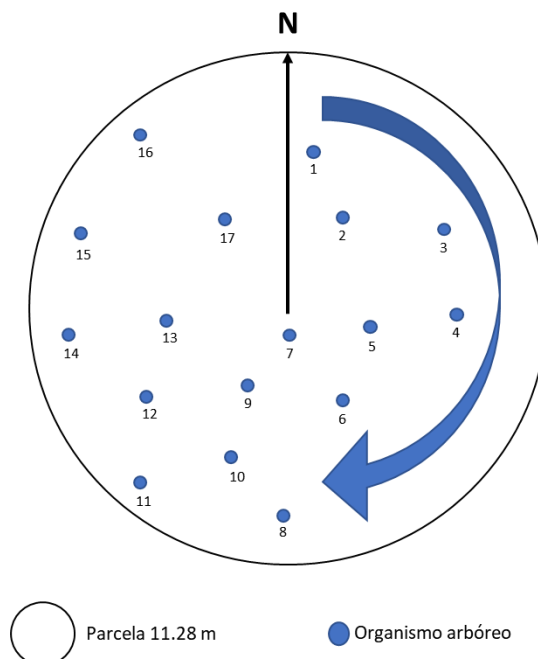


Figura IV.5 Registro de árboles en subsitios de 400 m<sup>2</sup>.

El método de muestreo implementado se retoma de CONAFOR (2010) debido a su confiabilidad estadística en la realización de los Inventarios Nacionales Forestales, desde su primera campaña de muestreo del año 2002 a la actual (iniciada en 2015 y planeada para concluir en el año 2019), al considerar el área mínima de expresión.

Éste método fue diseñado con base en los términos metodológicos generales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) definidos para las Evaluaciones Forestales Nacionales, los cuales buscan obtener estimaciones o cálculos nacionales del área forestal total, subdividida según las principales categorías de condiciones y tipos de bosques (bosque, sotobosque, matorral y pastizal); cantidades y distribuciones del arbolado por especies y categorías de tamaño; datos de volumen de madera según las características de los arboles; productos forestales no madereros; estimaciones del cambio en estos atributos de los bosques e indicadores de biodiversidad (McRoberts et al., 2011).



Las ubicaciones de los conglomerados se muestran en la Tabla IV.16 en la que se indica el tipo de vegetación a la que esta relacionada según la carta de USV serie V de INEGI (ver Mapa IV.24).

Tabla IV.16. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo en el SAR.

Sitio de Muestreo	Temporada	Uso de Suelo y vegetación	Coordenadas UTM	
			X	Y
SA-01	Secas	Agrícola	620165	2177211
SA-02	Secas	Agrícola	615901	2177113
SP-04	Secas	Bosque de táscate	616139	2175388
SA-04	Secas	Bosque de táscate	612747	2178450
SA-05	Secas	Vegetación secundaria de bosque de táscate	618459	2178844
SA-06	Secas	Vegetación secundaria de bosque de táscate	614092	2177571
SA-07	Secas	Vegetación secundaria de bosque de táscate	618459	2178844
SA-08	Secas	Bosque de pino	615691	2175353
SA-09	Secas	Bosque de pino	612868	2180300
SA-10	Secas	Pastizal inducido	622559	2177506
SA-11	Secas	Pastizal inducido	619572	2173122
ConSA 1	Lluvias	Agrícola	623911.16	2178671.58
ConSA 2	Lluvias	Bosque de pino	618060.43	2179526.34
ConSA 3	Lluvias	Bosque de táscate	608946.34	2175231.4
ConSA 4	Lluvias	Bosque de táscate	609881.45	2175086.17
ConSA 5	Lluvias	Vegetación secundaria de bosque de táscate	619836.08	2178991.01
ConSA 6	Lluvias	Vegetación secundaria de bosque de táscate	614361.75	2176180.14
ConSA 7	Lluvias	Vegetación secundaria de bosque de táscate	613718.51	2176175.03
ConSA 8	Lluvias	Vegetación secundaria de bosque de táscate	615148.68	2176742.79
ConSA 9	Lluvias	Vegetación secundaria de bosque de táscate	616273.33	2180275.38
ConSA 10	Lluvias	Vegetación secundaria de bosque de táscate	613751.29	2177510.99
ConSA 11	Lluvias	Vegetación secundaria de bosque de táscate	615212.63	2179271.61

### Representatividad de los muestreos

La curva de acumulación de especies se emplea para estimar el número de especies esperadas a partir de los muestreos y las abundancias obtenidas, además de obtener de ellas un estimado de la efectividad del muestreo, al momento de acercarse a sus valores asintóticos. A continuación, se presentan las curvas de acumulación de especies para cada tipo de vegetación muestreada en la época de secas, empleando un modelo de tendencia logarítmica la cual muestra sus ajustes de correlación de Pearson ( $R^2 > 0.94$ ) cercanos a 1 lo que indica un buen ajuste al modelo.

Particularmente para la determinación de la curva de acumulación de especies se realizó el cálculo por UMS de cada conglomerado correspondiente al bosque y vegetación secundaria de bosque de táscate, por lo que los cálculos se representaron para ocho (8) sitios de muestreo, en el bosque de táscate.

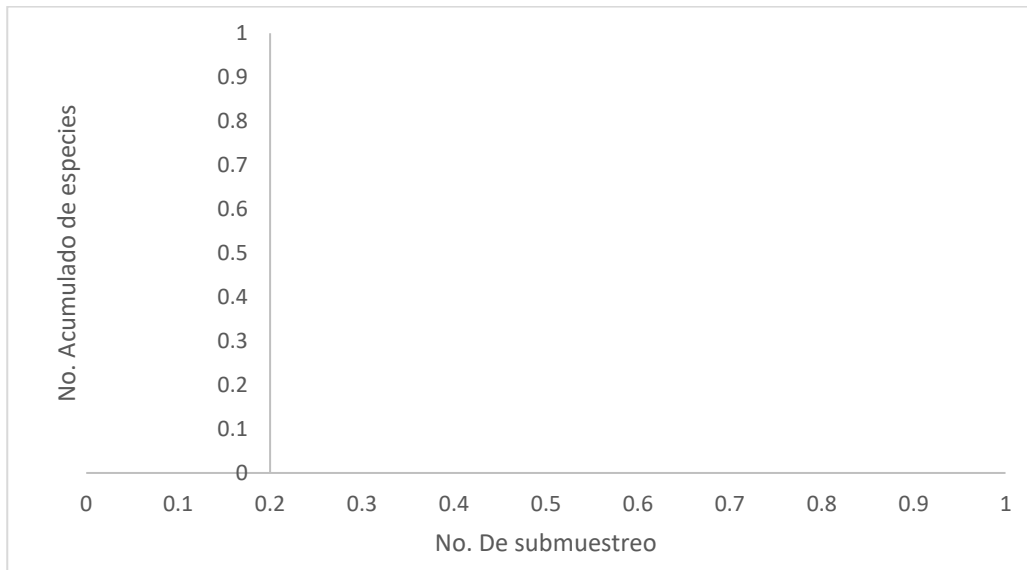
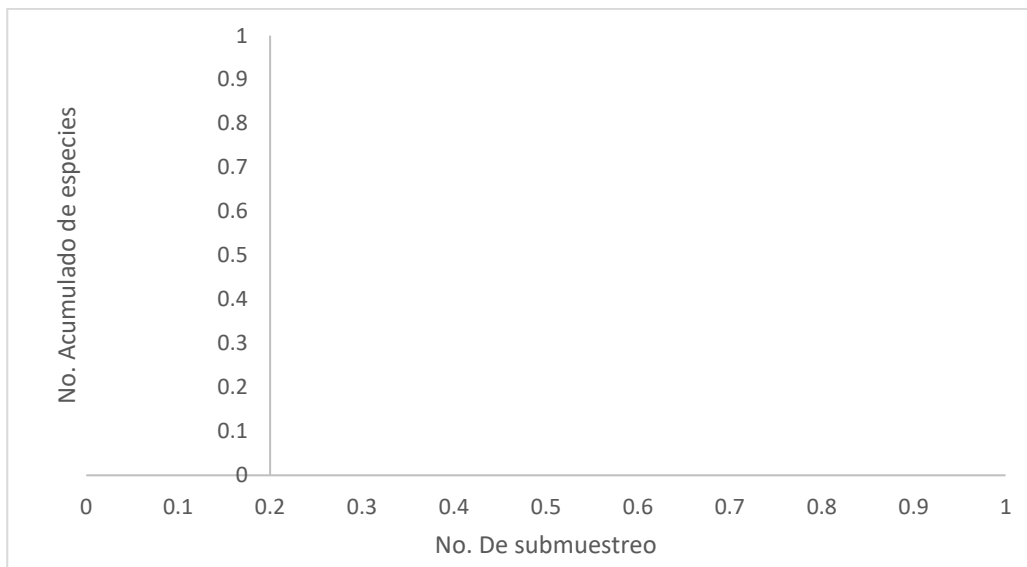


Figura IV.6 Curva de acumulación de especies para los muestreos de bosque de táscate y vegetación secundaria de bosque de táscate.

Azul: valores observados, Rojo: valores calculados

Como se observa en la Figura IV.6 el número de muestreos realizados para el bosque de táscate y vegetación secundaria de bosque de táscate temporada de secas (8 sitios de muestreos), fue suficiente para la representatividad del ecosistema, al presentar más del 90% de las especies esperadas para el modelo (19 de 23), a partir del quinto muestreo..



Para la determinación de la curva de acumulación de especies de la vegetación de bosque de pino se construyó por UMS

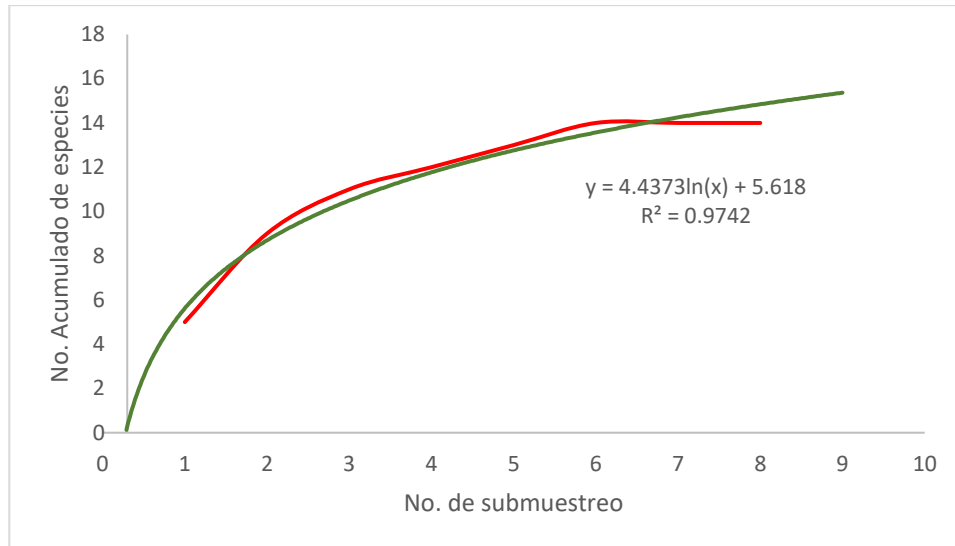


Figura IV.7 Curva de acumulación de especies para los muestreos de bosque de pino.

Rojo: valores observados, Verde: valores calculados

Como se aprecia en la Figura IV.7 los muestreos para el bosque de pino se consideran representativos al presentarse cercano a la asíntota de la curva cerca del sexto muestreo de ocho realizados.

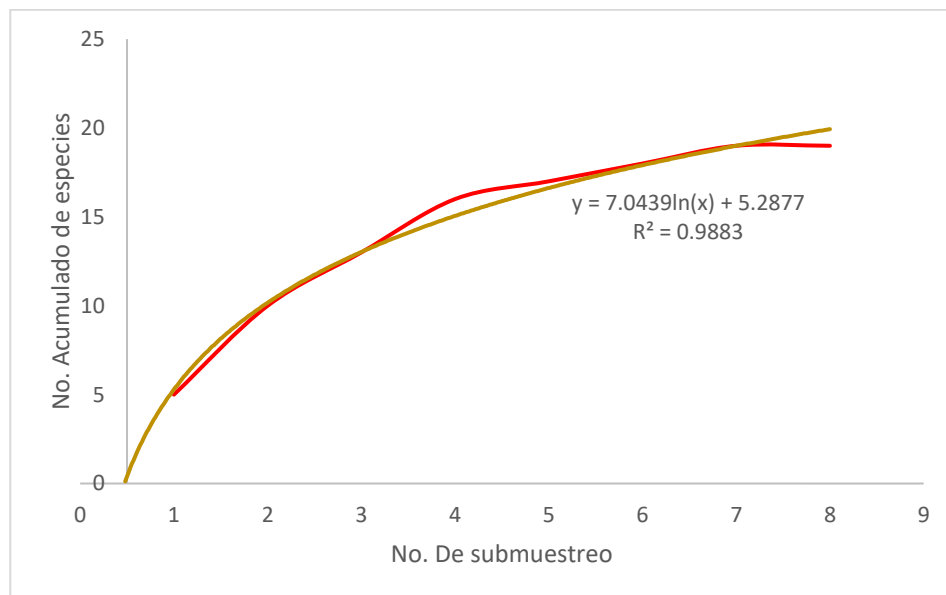


Figura IV.8 Curva de acumulación de especies para los muestreos de pastizal inducido.

Rojo: valores observados, Dorado: valores calculados

Algo similar se observa en el pastizal inducido (Figura IV.8). Donde habiendo realizado ocho (8) UMS, se observa que en el sexto muestreo se alcanza más del 90% de las especies esperadas por el modelo.

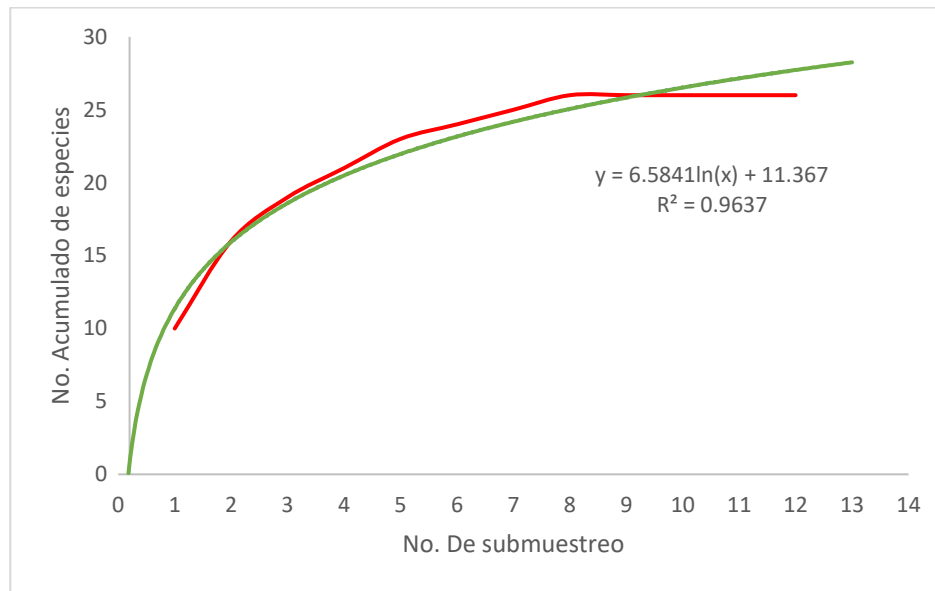


Figura IV.9 Curva de acumulación de especies para los muestreos de vegetación de agricultura

En el caso de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate realizaron 12 UMS, y se puede apreciar en el modelo que al igual que en los ambientes anteriores cerca del sexto muestreo se alcanza más del 90 % de las especies muestreadas en el lugar (ver Figura IV.9).

Por lo mostrado en las curvas de acumulación donde los ajustes a cada modelo se lograron obtener  $R^2 > 0.94$  lo cual al estar cerca de 1 se puede considerar un buen ajuste, se puede considerar nuestro muestreo adecuado ya que, en él, se alcanza la representatividad deseada para la descripción del SAR.

La época de lluvias es analizada acumulando los datos por estrato arbóreo y encontrando que se alcanza más del 80% de la riqueza a los ocho (8) conglomerados lo que se puede observar en la Figura IV.10 (32 sub muestras). Para lo que la representatividad de la vegetación más importante a describir como es la vegetación secundaria de bosque de táscate queda cubierta por el número de muestras realizada, siendo, además, la principal vegetación encontrada en el área de proyecto (AP). Según el modelo empleado de Clench, un modelo de ajuste asintótico, el valor máximo de especies posibles a registrar en los estratos arbóreo y arbustivo es aproximado a 30 especies, lográndose en este muestreo la obtención de 26 especies representando el 86% siendo aceptable el esfuerzo de muestreo.

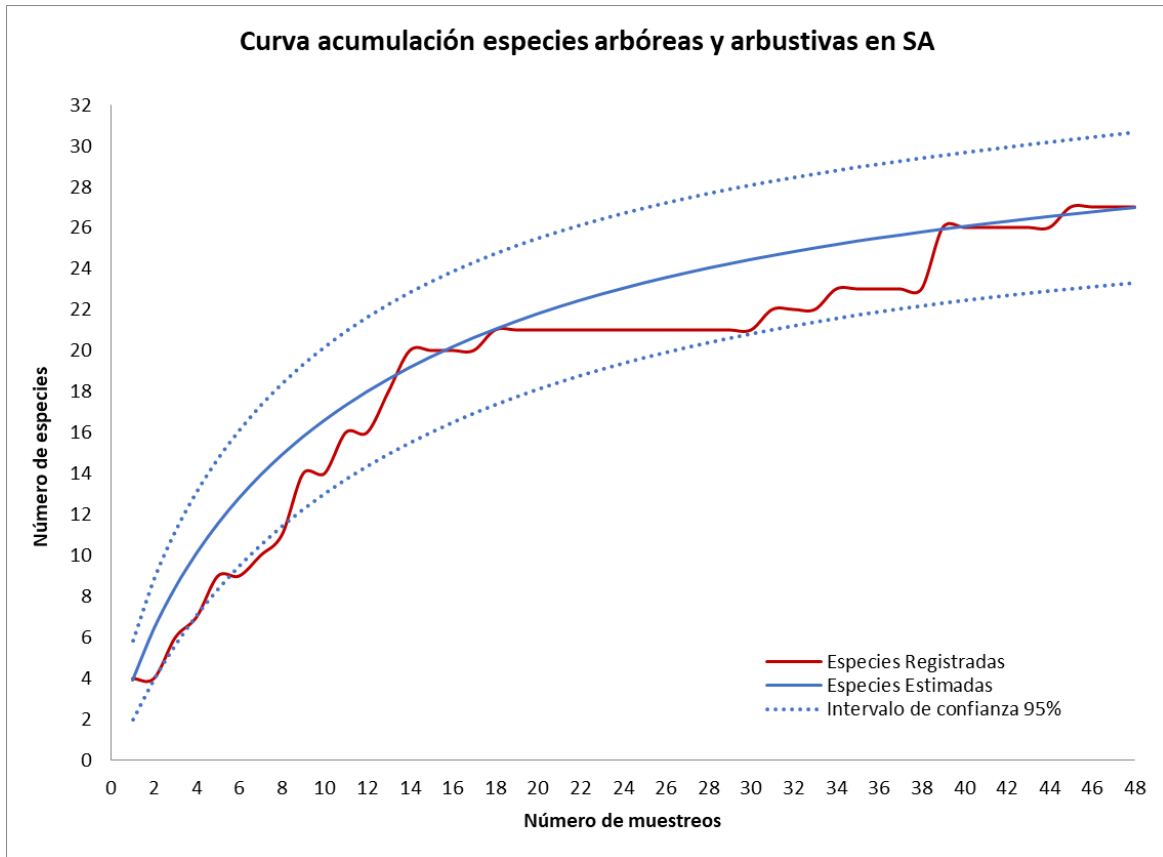


Figura IV.10 Curva de acumulación de especies para los muestreos de vegetación arbórea y arbustiva en la época de lluvias del SAR.

#### E) Especies identificadas en el SAR

Durante los trabajos de campo, para la caracterización de la vegetación del SAR se identificó un total de 88 especies de flora, distribuidos en 29 familias (Figura IV.11). Las familias mejor representadas en abundancia son Cupressaceae (24%), Pinaceae (19%), Fagaceae (17 %) y Asparagaceae (11%).

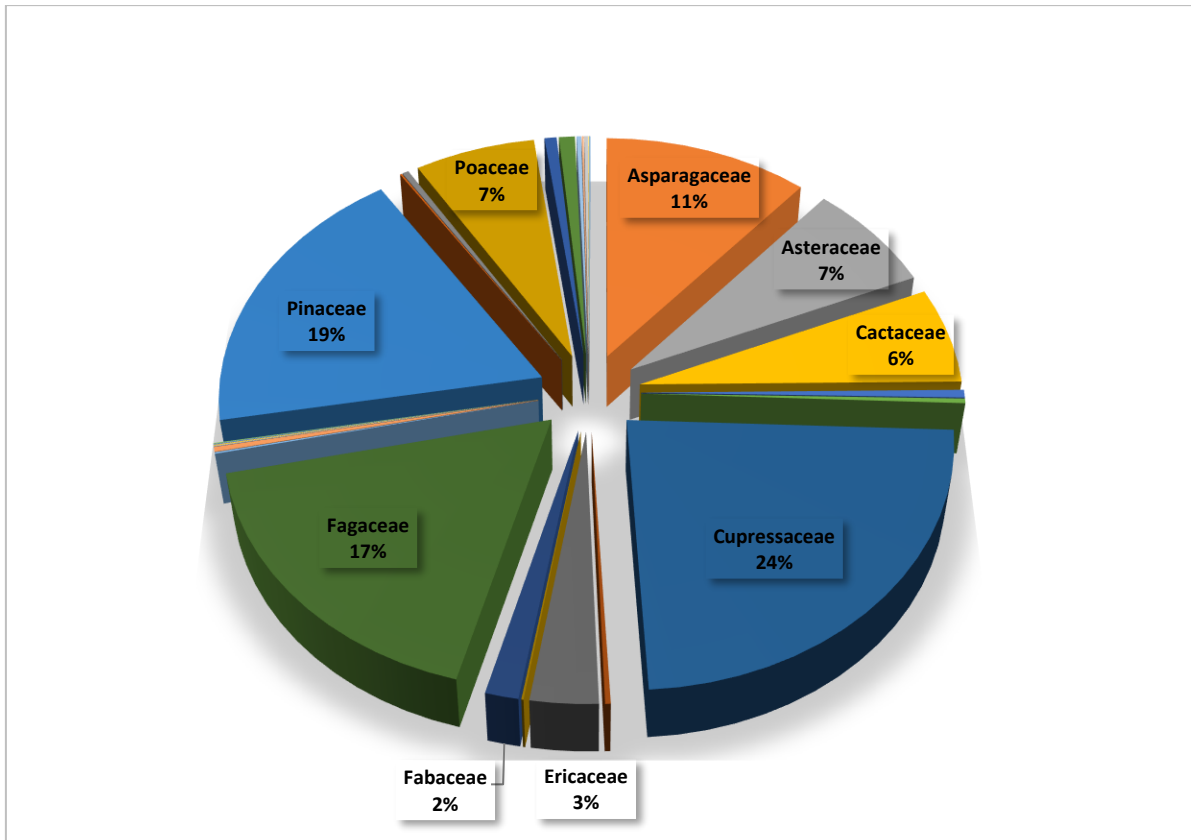


Figura IV.11 Proporción de abundancias representadas por familias de flora en el SAR.

#### F) Estatus de las especies en el SAR en alguna categoría de riesgo

En la Tabla IV.17 se presentan el listado taxonómico de las 88 especies de vegetación, de las cuales 24 se consideran como endémicas (*Agave kerchovei*, *A. salmiana*, *Nolina parviflora*, *Yucca filifera*, *Ageratina glabrata*, *Isocoma veneta*, *Packeria bellidifolia*, *Pittocaulon praecox*, *Stevia aschenborniana*, *Mammillaria discolor*, *M. karwinskiana*, *M. rhodanta*, *Opuntia robusta*, *O. streptocantha*, *Quercus frutex*, *Quercus scytophylla*, *Salvia prunelloides*, *Abies religiosa*, *Pinus greggii*, *P. leiophylla*, *P. patula*, *Hilaria cenchroides*, *Muhlenbergia macroura* y *Buddleja parviflora*).

Todas las cactáceas están consideradas en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), (*Cylindropuntia tunicata*, *Mammillaria karwinskiana*, *Mammillaria rhodantha*, *Opuntia robusta* y *Opuntia streptacantha*), *Pinus greggii* es una especie dentro de la categoría de Vulnerable (Vu) en la *red list* de la International Union for Conservation of Nature (IUCN) y una especie dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Cupressus lusitánica* considerada en protección especial (Pr).

En la Tabla IV.17, también es posible visualizar 20 especies de malezas indicadoras de ambientes alterados por la actividad humana de acuerdo al listado de CONABIO sobre

Malezas de México. (*Eryngium carlinae*, *Agerantia glabrata*, *Baccharis salicifolia*, *Erigeron karvinskianus*, *Isocoma veneta*, *Ipomea purpurea*, *Euphorbia dentata*, *Dalea bicolor*, *D. leporina*, *Desmodium uncinatum*, *Macroptilium gibbosifolium*, *Castilleja tenuifolia*, *Bouteloua aristidoides*, *B. dactyloides*, *Bouvardia ternifolia*, *Cynodon dactylon*, *Eragrostis mexicana*, *Hilaria cenchroides*, *Loeselia mexicana* y *Galium mexicanum*).

Tabla IV.17. Listado de las especies en el SAR en alguna categoría de conservación.

Familia	No .	Especies	Nombre común	VSABJ		PI	ATP	BJ		BP		Endemismo	NOM-059	CITES	IUCN	Otro
				S	LL	S	LL	S	LL	S	LI					
Apiaceae	1	<i>Eryngium carlinae</i>	Cabezona				*									Maleza
Asparagaceae	2	<i>Agave kerchovei</i>	Magüey rabo de león			*		*	*			En				
	3	<i>Agave salmiana</i>	Magüey pulquero	*	*	*		*	*			En			LC	Uso Textil y bebidas
	4	<i>Nolina parviflora</i>	Palma soyate		*			*		*		En				
	5	<i>Yucca filifera</i>	Palmita pita	*				*				En				
	6	<i>Ageratina glabrata</i>	Chamisa							*		En				Maleza, usado en herbolaria
Asteraceae	7	<i>Ageratina ligustrina</i>	Chichitlaco					*								
	8	<i>Ageratum corymbosum</i>	Cielitos		*		*			*						
	9	<i>Baccharis conferta</i>	Azoyate	*	*	*	*	*		*						Uso en herbolaria
	10	<i>Baccharis salicifolia</i>	Azumiate		*	*		*								Maleza
	11	<i>Erigeron karvinskianus</i>	Marimonia		*		*									Maleza
	12	<i>Isocoma veneta</i>	Falsa damiana		*			*				En				Maleza
	13	<i>Packera bellidifolia</i>	Lechuguilla		*							En				
	14	<i>Pittocaulon praecox</i>	Palo loco					*				En				
	15	<i>Psacalium peltatum</i>	Matarique				*									
	16	<i>Stevia aschenborniana</i>	Totocanxihuitl		*							En				
	17	<i>Stevia connata</i>	Stevia		*											
	18	<i>Stevia serrata</i>	Burrillo		*		*		*							
	19	<i>Viguiera excelsa</i>	Liga		*											
Cactaceae	20	<i>Cylindropuntia tunicata</i>	Abrojo			*								II	LC	
	21	<i>Mammillaria discolor</i>	Biznaga	*	*	*				*		En		II	LC	
	22	<i>Mammillaria karwinskiana</i>	Biznaga de Karwinski	*		*						En		II	LC	
	23	<i>Mammillaria rhodantha</i>	Biznaga flores rosadas	*		*		*				En		II	LC	
	24	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	*		*		*				En		II	LC	
	25	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	*	*	*		*		*		En		II	LC	
Cistaceae	26	<i>Helianthemum glomeratum</i>	Damiana		*		*		*							

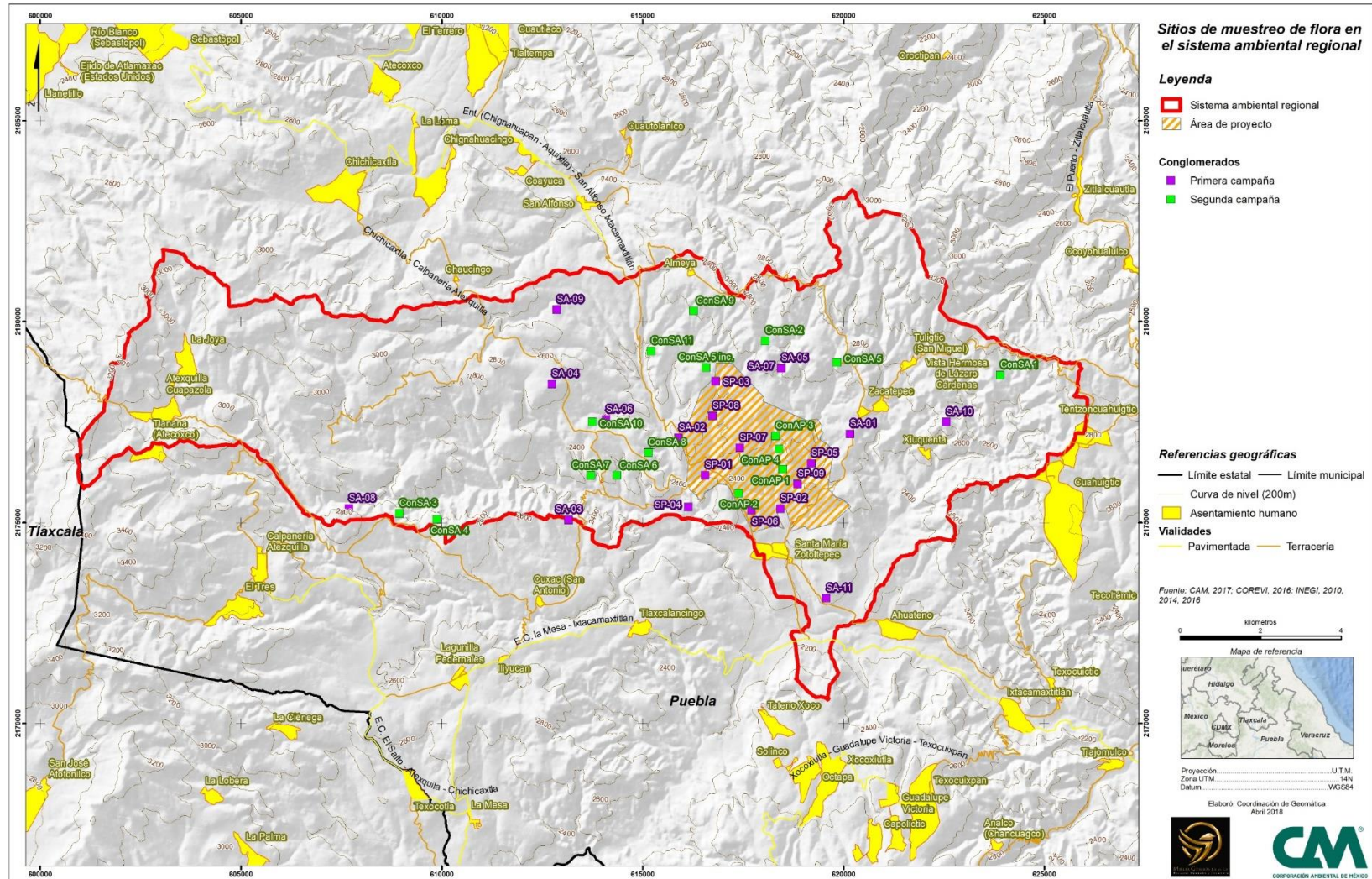


Familia	No	Especies	Nombre común	VSABJ		PI		ATP		BJ		BP		Endemismo	NOM-059	CITES	IUCN	Otro	
				S	LL	S	LL	S	LL	S	LI								
Convolvulaceae	27	<i>Evolvulus alsinoides</i>	Pico de pájaro		*														
	28	<i>Ipomoea capillacea</i>	Gloria de la mañana púrpura		*														
	29	<i>Ipomea purpurea</i>	Campanita	*							*							Maleza, usado en herbolaria	
Cupressaceae	30	<b><i>Cupressus lusitanica</i></b>	<b>Cedro blanco</b>	*										Pr		LC	Medicinal, ornamental, construcción y reforestación		
	31	<i>Juniperus deppeana</i>	Sabino	*	*	*	*	*	*	*	*	*				LC			
Cyperaceae	32	<i>Carex ciliaris</i>	SN		*														
	33	<i>Cyperus aggregatus</i>	Junco plano		*		*		*										
Ericaceae	34	<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño	*	*		*	*		*	*							Uso en herbolaria y fabricación de recipientes	
Euphorbiaceae	35	<i>Euphorbia dentata</i>	Poinsettia verde		*				*									Maleza	
Fabaceae	36	<i>Dalea bicolor</i>	Cabeza de ratón		*	*		*									LC	Maleza, Uso en herbolaria	
	37	<i>Dalea leporina</i>	Escobilla	*						*	*							Maleza	
	38	<i>Dalea sericea</i>	SN		*							*							
	39	<i>Desmodium uncinatum</i>	Desmodio de hoja plateada		*		*		*										Maleza
	40	<i>Lupinus montanus</i>	Garbancillo		*					*	*								
	41	<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	Jícama de monte		*					*									Maleza
	42	<i>Vachellia farnesiana</i>	Aromo			*													Maderable
Fagaceae	43	<i>Quercus castanea</i>	Encino capulincillo	*													LC	Como leña	
	44	<i>Quercus crassifolia</i>	Encino blanco	*	*			*		*	*						LC	Como leña	
	45	<i>Quercus crassipes</i>	Encino tesmolillo		*														
	46	<i>Quercus frutex</i>	Encino comalillo		*		*		*		*	*		En					
	47	<i>Quercus scytophylla</i>	Encino blanco		*						*	*		En					
Geraniaceae	48	<i>Geranium schiedeanum</i>	Geranio				*											Medicinal	
Lamiaceae	49	<i>Salvia microphylla</i>	Mirto		*														
	50	<i>Salvia prunelloides</i>	Salvia		*									En					
Lentibulariaceae	51	<i>Pinguicula moranensis</i>	Violeta de barranca					*											
Malpighiaceae	52	<i>Malpighia mexicana</i>	Nanche rojo					*											

Familia	No	Especies	Nombre común	VSABJ		PI		ATP		BJ		BP		Endemismo	NOM-059	CITES	IUCN	Otro
				S	LL	S	LL	S	LL	S	LI							
Onagraceae	53	<i>Oenothera rosea</i>	Hierba del golpe		*													
Oxalidaceae	54	<i>Oxalis divergens</i>	Xoyocol							*								
Orobanchaceae	55	<i>Castilleja tenuiflora</i>	Garañona	*														Maleza
Pinaceae	56	<i>Abies religiosa</i>	Oyamel								*		En			LC	No maderable, uso como árbol de navidad	
	57	<i>Pinus greggii</i>	Pino prieto	*		*					*		En			VU	Maderable	
	58	<i>Pinus leiophylla</i>	Ocote chino	*		*			*		*		En			LC	Maderable	
	59	<i>Pinus patula</i>	Ocote colorado	*					*				En			LC	Maderable	
	60	<i>Pinus teocote</i>	Teocote		*		*		*		*						LC	
	61	<i>Pinus pseudostrabus</i>	Pino lacio	*	*		*	*			*						LC	Maderable
Piperaceae	62	<i>Peperomia bracteata</i>	Pimienta		*													
Plantaginaceae	63	<i>Mecardonia procumbens</i>	Oreja de ratón		*													
	64	<i>Plantago australis</i>	Llantén		*													
Poaceae	65	<i>Bouteloua aristidoides</i>	Navajita aguja o azul			*												Maleza
	66	<i>Bouteloua curtispindula</i>	Banderilla				*											
	67	<i>Bouteloua dactyloides</i>	Zacate búfalo	*							*							Maleza
	68	<i>Bouteloua hirsuta</i>	Gramma		*													
	69	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla		*		*		*	*	*							Maleza
	70	<i>Cynodon dactylon</i>	Gallitos	*				*	*									Maleza, Introducida africana
	71	<i>Eragrostis intermedia</i>	Zacate llanero	*		*		*										
	72	<i>Eragrostis mexicana</i>	Zacate de agua		*													Maleza
	73	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra		*					*			En					Maleza
	74	<i>Lycurus phleoides</i>	Palo lobo	*		*												
	75	<i>Muhlenbergia macroura</i>	Zacatón	*		*		*		*	*		En					
	76	<i>Panicum hallii</i>	Panizo aserrín		*		*		*	*								
77	<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	Arrocillo		*		*		*	*									
78	<i>Setaria parviflora</i>	Zacate sedoso		*												LC		

Familia	No	Especies	Nombre común	VSABJ		PI		ATP		BJ		BP		Endemismo	NOM-059	CITES	IUCN	Otro
				S	LL	S	LL	S	LL	S	LI							
	79	<i>Stipa clandestina</i>	Zacate picoso		*					*		*						
Polemoniaceae	80	<i>Loeselia mexicana</i>	Espinosilla		*					*								Maleza
Pteridaceae	81	<i>Gaga marginata</i>	Helecho		*													
	82	<i>Myriopteris aurea</i>	Helecho	*	*		*	*	*	*	*	*	*					
	83	<i>Myriopteris myriophylla</i>	Helecho cola de zorra									*	*					
	84	<i>Pellaea ternifolia</i>	Trans-Pecos freno de acantilado		*													
Rubiaceae	85	<i>Galium mexicanum</i>	Pega ropa		*				*	*								Maleza, Usado en Herbolaria
Scrophulariaceae	86	<i>Buddleja parviflora</i>	Sayolisco		*								En					
Selaginellaceae	87	<i>Selaginella pallescens</i>	Tepechxihuitl		*					*								
Vervaceae	88	<i>Verbena menthifolia</i>	Bercul		*													
		88		26	54	19	20	21	26	15	14		24	1	0			

S (Secas), LL (Lluvias), VSABJ (Vegetación Secundaria Arborea de Bosque de Tásate), PI (pastizal Inducido), ATP (Agricultura Temporal), BJ (Bosque de Tásate), BP (Bosque de Pino), LC (Bajo en preocupación), Pr (Especie Prioritaria), En (Endemica), Pr (Protección especial), Il (Apéndice CITES), LC (bajo en preocupación), (VU) Vulnerable,



Mapa IV.24. Muestreo de flora en el SAR y AP.

### *Cálculos para evaluar la riqueza de la flora presente en el SAR y el AP*

Las comunidades biológicas poseen una propiedad emergente, la diversidad específica, que se relaciona con la variedad dentro de esas comunidades, este atributo es la expresión de dos componentes. El primero de ellos es el número de especies presentes en la comunidad, denominado riqueza de especies.

Los índices propuestos para medir la riqueza de especies, de manera independiente al tamaño de la muestra, se basan en la relación entre S y el 'número total de individuos observados' o (n), que se incrementa con el tamaño de la muestra.

La dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) que es un estimador sencillo de diversidad, nos indica el grado de dominancia de la comunidad, es decir resalta aquellas comunidades donde se presenta una o algunas especies en mayor número con respecto a las demás interpretándose como la especie o especies dominantes del conjunto, los valores de este índice van de 0 a 1, donde los valores cercanos a cero son indicadores de homogeneidad de abundancias y los valores que tienden a 1 nos indican mayor dominancia.

El segundo componente es la equitatividad, que se refiere a cómo la abundancia se distribuye entre las especies de la comunidad. Por ejemplo, en una comunidad con 10 especies, si el 90% de los individuos pertenecen a una sola especie y el restante 10% se distribuye entre las otras 9, la equitatividad se considera baja. En cambio, si cada una de las 10 especies cuenta con el 10% del total de los individuos, la equitatividad se considera máxima.

Para el cálculo de dominancia de Simpson ( $\lambda$ ), se emplea la proporción de cada una de las especies, las cuales son elevadas al cuadrado y sumadas.

$$I = S p^2$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

I = índice de Simpson

$p_i$  = Abundancia relativa de las especies i

N = Número total de individuos de todas las especies, y

$n_i$  = Número de individuos por cada especie.

Para medir la diversidad de especies dentro de las diferentes áreas (SA y el AP) se utilizó el índice de diversidad de Shannon, el cual tiene el atributo de considerar las abundancias relativas para estimar la diversidad mediante la siguiente fórmula:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Dónde:

H' = índice de diversidad de Shannon-Weaver,

$p_i$  = Abundancia relativa de las especies i,

S = Riqueza de especies,  
Ln = Logaritmo natural,  
N = Número total de individuos de todas las especies, y  
ni = Número de individuos por cada especie.

Para estimar la equitatividad (J) de acuerdo a Magurran (2004) se utilizó la siguiente fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Dónde:

J' = índice de Equitatividad  
H' = índice de diversidad de Shannon  
H'max = Ln (S)

Asimismo, para identificar las especies más importantes ponderando, número de individuos, tamaño de los individuos y frecuencia de ocurrencia de los individuos durante el muestreo, se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI), la cual se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$IVI = \frac{DOR + DR + FR}{3}$$

Los valores esperados de IVI van de 0 a 1, donde 0 indica menor representatividad en el ensamble y 1 indica una mayor representatividad.

La dominancia (estimador del tamaño o biomasa: área basal, cobertura) relativa se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Dominancia relativa (DOR)} = \frac{\text{Dominancia absoluta de una especie (DOi)}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies (DO)}}$$

Los valores esperados van de 0 a 1, dónde:

$$\text{Dominancia absoluta (DOi)} = \frac{\text{Área basal de una especie (AB)}}{\text{Área muestreada}}$$

El área basal (AB) de los árboles se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$AB = \pi * \left(\frac{DAP}{2}\right)^2$$

Donde DAP es el diámetro del tronco del árbol a la altura del pecho.

La densidad relativa se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa (DR)} = \frac{\text{Densidad absoluta de una especie (DA}_i\text{)}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies (DA)}}$$

Los valores esperados van de 0 a 1, dónde:

$$\text{Densidad absoluta (DA)} = \frac{\text{Número de individuos de una especie (N}_i\text{)}}{\text{Área muestreada}}$$

La frecuencia relativa se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Frecuencia relativa (FR)} = \frac{\text{Frecuencia absoluta de una especie (FA}_i\text{)}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies (FA)}}$$

Los valores esperados van de 0 a 1, dónde:

$$\text{Frecuencia absoluta (FA)} = \frac{\text{Número de UMS donde se presenta la especie}}{\text{Número total de UMS}}$$

La cobertura (estimador para el estrato herbáceo y de suculentas) relativa se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Cobertura relativa (COR)} = \frac{\text{Cobertura absoluta por especie (CO}_i\text{)}}{\text{Cobertura absoluta de todas las especies (CO)}}$$

Los valores esperados van de 0 a 1, dónde:

$$\text{Cobertura absoluta por especie (CO}_i\text{)} = \frac{\text{Área de cobertura de la especie}}{\text{Área muestreada}}$$

### Índices de diversidad para el SAR

La información obtenida durante las dos temporadas de trabajo de campo (de lluvias y secas) se analizó considerando los diferentes tipos de vegetación y los estratos que se encontraron en los sitios de muestreo (bosque de táscate, bosque de pino, pastizal inducido y vegetación secundaria arbórea de táscate).

En los resultados se presenta el índice de Simpson ( $\lambda$ ), el Índice de Shannon ( $H'$ ), la Equitatividad ( $J$ ) y el Índice de Valor de Importancia (IVI). Para el caso del estrato herbáceo y suculentas, en el cálculo del IVI se realizó empleando la cobertura y no la dominancia por área basal.

Para la interpretación del índice de diversidad no existe un rango de valores determinado, sin embargo, se considera un valor nulo de diversidad en cero y un máximo en cinco en relación a las comunidades más diversas que se han registrado como selvas tropicales y arrecifes coralinos. En cuanto al índice de equitatividad se considera que cuanto más

cercano sea a uno, mayor será la equidad lo cual significa homogeneidad en las abundancias de las especies que integran la comunidad.

### G) Resultados para el SAR

El análisis de la flora del SAR se realizó para cada de tipo de vegetación en los diferentes estratos; es decir, para bosque de táscate en el estrato herbáceo, arbóreo y arbustivo incluyendo a las suculentas, esto mismo se efectuó para el bosque de pino, el pastizal inducido y la vegetación secundaria arbórea de táscate.

#### **Bosque de táscate (BJ)**

A continuación, se presentan los resultados para el cálculo de los parámetros ecológicos del bosque de táscate del SAR (Tabla IV.18):

Tabla IV.18. Parámetros ecológicos para el estrato arbóreo del bosque de táscate del SAR

Arbóreo	N (16 UMS)	DA Ind/Ha	DR	DOR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Arbutus xalapensis</i>	4	6.25	4.65	1.37	4.17	3.40	0.002	0.14
<i>Juniperus deppeana</i>	32	50.00	37.21	26.92	41.67	35.27	0.14	0.37
<i>Nolina parviflora</i>	8	12.50	9.30	7.97	8.33	8.54	0.01	0.22
<i>Pinus patula</i>	2	3.13	2.33	0.31	4.17	2.27	0.001	0.09
<i>Pinus pseudostrobus</i>	26	40.63	30.23	29.34	16.67	25.41	0.09	0.36
<i>Pinus teocote</i>	2	3.13	2.33	4.55	4.17	3.68	0.001	0.09
<i>Quercus crassifolia</i>	11	17.19	12.79	28.90	16.67	19.45	0.02	0.26
<i>Yucca filifera</i>	1	1.56	1.16	0.63	4.17	1.99	0.0001	0.05
<b>Total Arbóreo</b>	86	134.38	100.00	100.00	100.00	100.00	0.26	1.58
<b>S</b>	8.00				<b>H'</b>	1.58		
<b>I</b>	0.26				<b>Hmax</b>	2.08		
<b>1-I</b>	0.74				<b>J'</b>	0.76		

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), DOR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: Índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

En el estrato arbóreo del bosque de táscate se registró la abundancia de 86 organismos distribuidos en 8 especies, en conjunto presentan Índice de diversidad de Shannon igual a 1.58, con un valor de H'max=2.08, siendo este el máximo que puede alcanzar con respecto al número de especies encontradas en el tipo de vegetación analizado. Lo anterior significa que la distribución de las especies es medianamente equitativa, hecho que se confirma al observar un valor de J=0.76, el cual se considera como medio e indica que la distribución de las abundancias no es homogénea. En este estrato *Juniperus deppeana* es la especie que cuenta con mayor número de organismos y presenta el valor más alto del Índice de Valor de importancia (IVI=35.27), seguido de *Pinus pseudostrobus* (IVI=25.41), hecho que es razonable pues la vegetación analizada corresponde a un bosque de táscate, e indica que el ecosistema caracterizado concuerda con el tipo de vegetación que describe INEGI.

En la siguiente Tabla IV.19, se presentan los resultados para los índices de diversidad y parámetros ecológicos del estrato arbustivo de la vegetación de bosque de táscate.



Tabla IV.19. Parámetros ecológicos para el estrato arbustivo del bosque de táscate del SAR.

Arbustivo	N (16 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Agave kerchovei</i>	7.00	8701.27	2.41	1.64	4.84	2.96	0.00	0.09
<i>Agave salmiana</i>	19.00	23617.74	6.55	4.97	8.06	6.53	0.00	0.18
<i>Ageratina ligustrina</i>	6.00	7458.23	2.07	0.32	3.23	1.87	0.00	0.08
<i>Arbutus xalapensis</i>	15.00	18645.58	5.17	2.77	4.84	4.26	0.00	0.15
<i>Baccharis conferta</i>	28.00	34805.09	9.66	15.41	11.29	12.12	0.01	0.23
<i>Baccharis salicifolia</i>	3.00	3729.12	1.03	0.14	1.61	0.93	0.00	0.05
<i>Bouvardia ternifolia</i>	5.00	6215.19	1.72	0.12	6.45	2.76	0.00	0.07
<i>Dalea bicolor</i>	1.00	1243.04	0.34	0.02	1.61	0.66	0.00	0.02
<i>Isocoma veneta</i>	1.00	1243.04	0.34	0.02	1.61	0.66	0.00	0.02
<i>Juniperus deppeana</i>	38.00	47235.48	13.10	20.74	11.29	15.04	0.02	0.27
<i>Loeselia mexicana</i>	7.00	8701.27	2.41	0.30	4.84	2.52	0.00	0.09
<i>Mammillaria rhodantha</i>	16.00	19888.62	5.52	7.44	4.84	5.93	0.00	0.16
<i>Opuntia robusta</i>	27.00	33562.05	9.31	18.63	9.68	12.54	0.01	0.22
<i>Opuntia streptacantha</i>	1.00	1243.04	0.34	0.28	1.61	0.75	0.00	0.02
<i>Pinus leiophylla</i>	2.00	2486.08	0.69	1.06	3.23	1.66	0.00	0.03
<i>Pinus pseudostrubus</i>	3.00	3729.12	1.03	2.10	1.61	1.58	0.00	0.05
<i>Pittocaulon praecox</i>	1.00	1243.04	0.34	0.00	1.61	0.65	0.00	0.02
<i>Quercus crassifolia</i>	97.00	120574.78	33.45	21.97	9.68	21.70	0.11	0.37
<i>Quercus frutex</i>	13.00	16159.51	4.48	2.06	8.06	4.87	0.00	0.14
<b>Total Arbustivo</b>	290.00	360481.30	100.00	100.00	100.00	100.00	0.16	2.25
<b>S</b>			19.00		<b>H'</b>		2.25	
<b>I</b>			0.16		<b>H<sub>max</sub></b>		2.94	
<b>1-I</b>			0.84		<b>J'</b>		0.76	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), COBR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

En el estrato arbustivo del bosque táscate se observó la presencia de renuevos de *Quercus crassifolia*, la cual se ponderó como la especie con el mayor IVI dentro del conjunto vegetal (21.7) seguida de renuevos de *Junniperus deppeana* (15.04), el resto de las especies guardan entre si poca diferencia en los valores de dicho índice, todo lo anterior se refleja con la obtención de un índice de equitatividad medio (0.76). A pesar de tener mayor riqueza (19) que el estrato arbóreo, presenta valores de diversidad medios H'=2.25 a causa de las dominancias mencionadas, no alcanzando el máximo posible (2.94). La presencia de renuevos de especies arbóreas indica el estado de conservación del ecosistema, el cual se infiere alto, ya que se puede considerar como un ecosistema sinérgico, que conserva su naturalidad.

A continuación, en la Tabla IV.20 se presentan los resultados de los cálculos de índices de diversidad para el grupo florístico de las herbáceas.

Tabla IV.20 Resultados de los índices de diversidad del grupo de las herbáceas del boque de táscate del SAR.

Herbáceo	N (16 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Cynodon dactylon</i>	1	12430389.82	2.70	0.06	2.70	1.82	0.001	0.10
<i>Cyperus aggregatus</i>	1	12430389.82	2.70	1.06	2.70	2.15	0.001	0.10
<i>Desmodium uncinatum</i>	1	12430389.82	2.70	1.06	2.70	2.15	0.001	0.10
<i>Eragrostis intermedia</i>	2	24860779.63	5.41	0.05	5.41	3.62	0.003	0.16
<i>Euphorbia dentata</i>	1	12430389.82	2.70	2.12	2.70	2.51	0.001	0.10
<i>Galium mexicanum</i>	4	49721559.27	10.81	5.31	10.81	8.98	0.01	0.24
<i>Geranium schiedeanum</i>	1	12430389.82	2.70	0.02	2.70	1.81	0.001	0.10
<i>Helianthemum glomeratum</i>	2	24860779.63	5.41	10.59	5.41	7.13	0.003	0.16
<i>Hilaria cenchroides</i>	4	49721559.27	10.81	37.07	10.81	19.56	0.01	0.24
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	2	24860779.63	5.41	1.69	5.41	4.17	0.003	0.16
<i>Muhlenbergia macroura</i>	4	49721559.27	10.81	0.30	10.81	7.31	0.01	0.24
<i>Myriopteris aurea</i>	5	62151949.09	13.51	8.90	13.51	11.98	0.02	0.27
<i>Oxalis divergens</i>	1	12430389.82	2.70	1.06	2.70	2.15	0.001	0.10
<i>Panicum hallii</i>	1	12430389.82	2.70	2.12	2.70	2.51	0.001	0.10
<i>Pinguicula moranensis</i>	1	12430389.82	2.70	1.06	2.70	2.15	0.001	0.10
<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	1	12430389.82	2.70	6.35	2.70	3.92	0.001	0.10
<i>Selaginella pallescens</i>	1	12430389.82	2.70	3.18	2.70	2.86	0.001	0.10
<i>Stevia serrata</i>	1	12430389.82	2.70	1.06	2.70	2.15	0.001	0.10
<i>Stipa clandestina</i>	3	37291169.45	8.11	16.94	8.11	11.05	0.01	0.20
<b>Total Herbáceo</b>	37	459924423.23	100.00	100.00	100.00	100.00	0.08	2.74
<b>S</b>			19.00		<b>H'</b>		2.74	
<b>I</b>			0.08		<b>H<sub>max</sub></b>		2.94	
<b>1-I</b>			0.92		<b>J'</b>		0.93	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), COBR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: dominancia de Simson, 1-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

En este estrato encontramos una riqueza de 19 especies, en la cual la más representativa es *Hilaria cenchroides*, espiga negra que se presenta con un IVI de 19.56, sin embargo, las abundancias del estrato son muy homogéneas lo que se demuestra con una equidad alta de 0.93. La diversidad es media con H'=2.74 debido a la dominancia de tres especies (*Hilaria cenchroides*, *Myriopteris aurea* y *Stipa clandestina*) con respecto a las otras 15 que se muestran bastante homogéneas en su abundancia.

### Conclusiones para bosque de táscate

De acuerdo a los resultados obtenidos para este tipo de vegetación, el bosque de táscate presenta una diversidad media de especies en donde las abundancias se distribuyen de manera homogénea en la mayoría de las especies, pero existe cierta dominancia del táscate y pino en el estrato más alto y una representatividad del encino en el estrato medio, las presencias de las especies arbustivas ocurren estacionalmente, determinado su

distribución de acuerdo al suelo, humedad y recursos. Esto permite inferir, que la distribución espacial de los arbustos es uniforme. Todo lo anterior refleja el comportamiento típico en estructura y conformación de este tipo de bosques a pesar de que el antecedente histórico que se tiene en la zona donde por el desarrollo urbano y agrícola han generado diversos impactos ambientales que han llevado a la fragmentación de la vegetación y perturbación de la misma, demostrando que de acuerdo a los resultados obtenidos de los parámetros comunitarios y poblacionales que dentro del SAR esta comunidad se encuentra bien representada.

### Bosque de pino

A continuación, en la Tabla IV.21 se presentan los resultados de los cálculos de los parámetros ecológicos para el estrato arbóreo del bosque de pino del SAR.

Tabla IV.21 Resultados de los índices de diversidad del estrato arbóreo del bosque de pino del SAR.

Arbóreo	N (12 UMS)	DA Ind/Ha	DR	DOR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Abies religiosa</i>	3	6.25	1.78	4.86	7.14	4.59	0.0003	0.07
<i>Arbutus xalapensis</i>	17	35.42	10.06	3.75	14.29	9.36	0.01	0.23
<i>Juniperus deppeana</i>	8	16.67	4.73	4.38	10.71	6.61	0.002	0.14
<i>Nolina parviflora</i>	2	4.17	1.18	2.08	7.14	3.47	0.0001	0.05
<i>Pinus greggii</i>	17	35.42	10.06	2.16	3.57	5.27	0.01	0.23
<i>Pinus leiophylla</i>	97	202.08	57.40	53.53	25.00	45.31	0.33	0.32
<i>Pinus pseudostrabus</i>	9	18.75	5.33	8.24	7.14	6.90	0.003	0.16
<i>Quercus crassifolia</i>	7	14.58	4.14	17.29	17.86	13.10	0.002	0.13
<i>Quercus scytophylla</i>	9	18.75	5.33	3.71	7.14	5.39	0.003	0.16
<b>Total Arbóreo</b>	169	352.08	100.00	100.00	100.00	100.00	0.36	1.49
<b>S</b>			9.00		<b>H'</b>		1.49	
<b>I</b>			0.36		<b>H<sub>max</sub></b>		2.20	
<b>1-I</b>			0.64		<b>J'</b>		0.68	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), DOR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: dominancia de Simson, 1-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

La vegetación de Bosque de Pino que se encontró en el SAR, cuenta con 169 organismos de 9 especies diferentes registradas para el estrato arbóreo. Por otro lado, la diversidad obtenida para este estrato fue baja (H'=1.49), que puede aumentar hasta un H'max= 2.20 considerando las especies encontradas durante los muestreos. La equitatividad en el lugar se muestra baja (J'=0.68); es decir, que la distribución de las abundancias no es equitativa para la mayoría de las especies, donde *Pinus leiophylla* cuenta con más del 50% de los organismos registrados, siendo así la especie dominante. El Índice de Valor de Importancia indica que *Pinus leiophylla* es la especie más importante (IVI=45.31), hecho que resulta coherente dado que la vegetación analizada es un bosque de pino. La especie secundaria fue *Quercus crassifolia* con un IVI de 13.1.

A continuación, en la Tabla IV.22 se presentan los resultados de los cálculos de diversidad para el estrato arbustivo del bosque de pino para el SAR.

Tabla IV.22 Resultados de los cálculos de diversidad del estrato arbustivo del bosque de pino del SAR.

Arbustivo	N (12 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Abies religiosa</i>	3	4972.16	2.94	1.71	5.26	3.30	0.001	0.10
<i>Arbutus xalapensis</i>	12	19888.62	11.76	9.66	15.79	12.41	0.01	0.25
<i>Baccharis conferta</i>	3	4972.16	2.94	0.85	5.26	3.02	0.001	0.10
<i>Bouvardia ternifolia</i>	2	3314.77	1.96	0.08	10.53	4.19	0.0004	0.08
<i>Juniperus deppeana</i>	2	3314.77	1.96	0.11	10.53	4.20	0.0004	0.08
<i>Mammillaria discolor</i>	2	3314.77	1.96	0.09	5.26	2.44	0.0004	0.08
<i>Opuntia streptacantha</i>	5	8286.93	4.90	0.65	5.26	3.61	0.002	0.15
<i>Pinus leiophylla</i>	66	109387.43	64.71	79.88	26.32	56.97	0.42	0.28
<i>Quercus frutex</i>	6	9944.31	5.88	2.43	10.53	6.28	0.003	0.17
<i>Quercus scytophylla</i>	1	1657.39	0.98	4.53	5.26	3.59	0.0001	0.05
<b>Total Arbustivo</b>	102	169053.30	100.00	100.00	100.00	100.00	0.44	1.33
<b>S</b>			10.00		<b>H'</b>		1.33	
<b>I</b>			0.44		<b>Hmax</b>		2.30	
<b>1-I</b>			0.56		<b>J'</b>		0.58	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), COBR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: dominancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

El estrato arbustivo dentro del bosque de pino presenta a los renuevos de *Pinus leiophylla* como la especie con el mayor IVI (56.97) dentro del conjunto vegetal seguida de renuevos de *Arbutus xalapensis* (12.41), sin embargo, la diferencia entre ambos índices es considerable, el resto de las especies guardan entre si poca diferencia entre sus valores, todo lo anterior se refleja con la obtención de un índice de equitatividad bajo (0.58) el cual indica que si bien las especies son representativas del estrato, una de ellas se pondera como dominantes ya que presenta una riqueza de especies mayor que las demás del estrato en cuanto a abundancias y distribución de las especies, lo cual se confirma con un índice de diversidad que puede considerarse como bajo (H'=1.33).

En resumen, el estrato arbustivo del bosque de pino presenta una diversidad baja, donde la especie dominante es *Pinus leiophylla* (renuevo). Igualmente se tiene registro de la especie *Bouvardia ternifolia*, misma que se encuentra asociadas a vegetación perturbada crecen en claros y a orillas de caminos. Por lo anterior, se deduce que el bosque de pino analizado se encuentra perturbado, este hecho es corroborado con lo visto en campo pues en los sitios muestreados se observó la presencia de caminos y veredas entre la vegetación, así como tocones generados de algún tipo de aprovechamiento, así como heces fecales de ganado bovino y ovino y la presencia de otras malezas que serán mencionadas en el estrato herbáceo.

A continuación, en la Tabla IV.23 se presentan los resultados de los cálculos de diversidad para el estrato herbáceo del bosque de pino para el SA.

Tabla IV.23. Resultados de los cálculos de diversidad para el estrato herbáceo del bosque de pino para el SAR.

Herbáceo	N (12 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Ageratina glabrata</i>	2	33147706.18	8.00	0.40	5.56	4.65	0.01	0.20
<i>Arbutus xalapensis</i>	10	165738530.89	40.00	2.40	22.22	21.54	0.16	0.37
<i>Bouteloua dactyloides</i>	1	16573853.09	4.00	0.13	5.56	3.23	0.002	0.13
<i>Dalea leporina</i>	1	16573853.09	4.00	0.13	5.56	3.23	0.002	0.13
<i>Dalea sericea</i>	2	33147706.18	8.00	63.30	11.11	27.47	0.01	0.20
<i>Ipomea purpurea</i>	1	16573853.09	4.00	0.13	5.56	3.23	0.002	0.13
<i>Lupinus montanus</i>	1	16573853.09	4.00	0.01	5.56	3.19	0.002	0.13
<i>Muhlenbergia macroura</i>	3	49721559.27	12.00	0.15	16.67	9.60	0.01	0.25
<i>Myriopteris aurea</i>	2	33147706.18	8.00	20.01	11.11	13.04	0.01	0.20
<i>Myriopteris myriophylla</i>	1	16573853.09	4.00	6.66	5.56	5.41	0.002	0.13
<i>Stipa clandestina</i>	1	16573853.09	4.00	6.66	5.56	5.41	0.002	0.13
<b>Total Herbáceo</b>	25	414346327.23	100.00	100.00	100.00	100.00	0.20	2.00
<b>S</b>			11.00		<b>H'</b>		2.00	
<b>I</b>			0.20		<b>Hmax</b>		2.40	
<b>1-I</b>			0.80		<b>J'</b>		0.83	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), COBR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

El estrato herbáceo del bosque de pino presentó 25 individuos en 11 especies, de los cuales las especies representativa son *Dalea leporina* y *Arbutus xalapensis* con un IVI de 27.47 y 21.54 respectivamente, mostrándose como las especies dominantes lo cual concuerda con un valor de diversidad bajo-media de H'= 2.0. La equidad está por arriba del valor medio, debido a que hay una homogeneidad de abundancias entre el resto de las especies. Cabe mencionar la presencia de malezas como *Bouteloua dactyloides*, *Dalea leporina*, *Ageratina glabrata* e *Ipomea porpurea* como indicadores de la perturbación de la zona.

#### Conclusiones para Bosque de pino

De acuerdo a los resultados obtenidos para este tipo de vegetación, el bosque de pino presenta una baja diversidad de especies en donde las abundancias se distribuyen de diferente manera de acuerdo al estrato, habiendo con esto dominancia del pino en el estrato más alto y en el estrato medio.

Es importante mencionar que la presencia de las especies arbustivas ocurre estacionalmente, determinado su distribución de acuerdo al suelo, humedad y recursos. Esto permite inferir, que la distribución espacial de los arbustos es uniforme, mientras que el estrato herbáceo está dominado por los pastos debido a su mayor capacidad para ocupar los espacios disponibles con suelo suave y mayor insolación, que al crecer domina sobre el resto de las especies herbáceas limitando su crecimiento, condición posiblemente relacionada con una estrategia de alelopatía del grupo, para evitar la competencia del recurso limitante luz, que restringen la formación de un sotobosque evidente.

Con base en lo anterior, de acuerdo a los resultados obtenidos en los parámetros comunitarios y poblacionales que hay dentro del SAR el bosque de pino del SAR, aunque es una de las de menor área, se encuentra semi-conservado, al igual que en la vegetación de bosque de táscate se destaca la presencia de renuevos de las especies de *Pinus*, lo que demuestra que la comunidad tiene un comportamiento sinérgico, la cual conserva sus aspectos naturales, a pesar de que presenta presiones antropogénicas como la deforestación para el cambio de uso del suelo para el uso agropecuario y la correspondiente presencia de especies de maleza.

### Pastizal Inducido

Los resultados observados respecto al estrato arbóreo, aunque se trata de un ambiente de pastizal indican la presencia de *Juniperus deppeana* con 31 individuos/ha, no se registra diversidad por ser la especie única de este estrato, vestigio del ambiente original posiblemente de bosque de táscate pero que hoy en día se encuentra en otra fase sucesional.

A continuación, en la Tabla IV.24 se presentan los resultados del estrato arbustivo del pastizal inducido presente en el SAR.

Tabla IV.24. Resultados para el estrato arbustivo de pastizal inducido en el SAR.

Arbustivo	N (8 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(Inpi)
<i>Agave kerchovei</i>	2	4972.16	2.60	2.10	3.57	2.76	0.001	0.09
<i>Agave salmiana</i>	12	29832.94	15.58	29.59	10.71	18.63	0.02	0.29
<i>Baccharis conferta</i>	3	7458.23	3.90	5.59	3.57	4.35	0.002	0.13
<i>Baccharis salicifolia</i>	4	9944.31	5.19	1.07	10.71	5.66	0.003	0.15
<i>Cylindropuntia tunicata</i>	5	12430.39	6.49	3.03	3.57	4.36	0.004	0.18
<i>Dalea bicolor</i>	5	12430.39	6.49	0.96	7.14	4.86	0.004	0.18
<i>Juniperus deppeana</i>	11	27346.86	14.29	24.81	17.86	18.99	0.02	0.28
<i>Mammillaria discolor</i>	1	2486.08	1.30	0.02	3.57	1.63	0.0002	0.06
<i>Mammillaria karwinskiana</i>	3	7458.23	3.90	0.42	3.57	2.63	0.002	0.13
<i>Mammillaria rhodantha</i>	3	7458.23	3.90	0.56	3.57	2.68	0.002	0.13
<i>Opuntia robusta</i>	2	4972.16	2.60	0.16	3.57	2.11	0.001	0.09
<i>Opuntia streptacantha</i>	4	9944.31	5.19	3.26	7.14	5.20	0.003	0.15
<i>Pinus greggii</i>	3	7458.23	3.90	7.69	3.57	5.05	0.002	0.13
<i>Pinus leiophylla</i>	11	27346.86	14.29	17.01	14.29	15.19	0.02	0.28
<i>Vachellia farnesiana</i>	8	19888.62	10.39	3.73	3.57	5.90	0.01	0.24
<b>Total Arbustivo</b>	77	191428.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.10	2.50
<b>S</b>			15.00		<b>H'</b>		2.50	
<b>I</b>			0.097		<b>H<sub>max</sub></b>		2.71	
<b>1-I</b>			0.903		<b>J'</b>		0.92	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), DOR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(Inpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simpson, 1-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

En este estrato se registraron 15 especies de las cuales *Juniperus deppeana*, *Agave salmiana* y *Pinus leiophylla* se encuentran mejor representadas con IVI de 18.99, 18.63 y 15.19 respectivamente. La homogeneidad de las especies dominantes y la homogeneidad de abundancia del resto de las especies permite registrar una diversidad media ( $H' = 2.5$ ), con altos valores de equidad. ( $J = 0.92$ ).

A continuación, en la Tabla IV.25 se presentan los resultados del estrato herbáceo del pastizal inducido, en la que fueron encontradas 4 especies.

Tabla IV.25. Resultados para el estrato herbáceo del pastizal inducido en el SAR.

Herbáceo	N (8 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Bouteloua aristidoides</i>	3	74582338.90	33.33	21.43	33.33	29.37	0.11	0.37
<i>Eragrostis intermedia</i>	1	24860779.63	11.11	16.67	11.11	12.96	0.01	0.24
<i>Lycurus phleoides</i>	4	99443118.54	44.44	45.24	44.44	44.71	0.20	0.36
<i>Muhlenbergia macroura</i>	1	24860779.63	11.11	16.67	11.11	12.96	0.01	0.24
<b>Total Herbáceo</b>	9	223747016.71	100.00	100.00	100.00	100.00	0.33	1.21
<b>S</b>			4.00		<b>H'</b>		1.21	
<b>I</b>			0.33		<b>H<sub>max</sub></b>		1.39	
<b>1-I</b>			0.67		<b>J'</b>		0.88	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), COBR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

La especie más representativa de este estrato es *Lycurus phleoides* con un IVI = 44.71, la diversidad es baja ( $H' = 1.21$ ) pero con una equidad ligeramente alta ( $J = 0.88$ ) ya que con su baja riqueza también presenta cierta homogeneidad entre las abundancias de las especies registradas.

El pastizal inducido es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original. Este pastizal puede aparecer como consecuencia de desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia. Son de muy diversos tipos y aunque cabe observar que no hay pastizales que pudieran considerarse como totalmente libres de alguna influencia humana, el grado de injerencia del hombre es muy variable y con frecuencia difícil de estimar.

En ocasiones, los pastizales inducidos corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral. A consecuencia del pastoreo intenso o de los fuegos periódicos, o bien de ambos factores juntos, se detiene a menudo el proceso de la sucesión y el pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana que lo mantiene.

Otras veces el pastizal inducido no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de tala, incendios y pastoreo, en ocasiones con ayuda de algún factor del medio natural.

Los pastizales inducidos propios en el SAR se han establecido en la zona como consecuencia de los disturbios acentuados que ahí han tenido lugar. Casi siempre se ven en las cercanías de los poblados y se encuentran tan intensamente pastoreados que

durante la mayor parte del año la cubierta vegetal herbácea no pasa de una altura media de 5 cm. Son susceptibles a incendios y la acción del pisoteo parece ser uno de los principales factores de su existencia. El largo periodo de sequía hace que tengan un color amarillo pajizo durante más de 6 meses.

En esta localidad fue notorio la presencia de especies correspondientes a bosque de pino y a bosque de táscate como son *Juniperus deppeana*, *Pinus greggii* y *P. leiophylla*, lo que nos da indicio de la vegetación que originalmente había y que ahora está marcadamente en proceso de sucesión agregando especies indicadoras de disturbio antropogénico como las malezas como lo son: *Baccharis salicifolia*, *Dalea bicolor* y *Bouteloua aristoides*.

### **Vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate**

En las comunidades naturales existen elementos de disturbio que modifican la estructura o cambian la composición florística de la comunidad como pueden ser los incendios, heladas, sequías, plagas y variaciones climáticas. Y las mismas comunidades responden a estos disturbios reestructurándose y cambiando la composición de especies cubriendo esas porciones afectadas formando fases sucesionales que pueden favorecer la recuperación de la vegetación natural. Así la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate toma lugar la cual se manifiesta con mayor riqueza y a ella se suman presiones antropogénicas que le impiden llegar a la vegetación original, como son la introducción de áreas de cultivo e introducción de especies relacionadas como las malezas que aquí se presentaron.

El estrato arbóreo que se describe a continuación en la Tabla IV.26, presentó 12 especies, donde *Juniperus deppeana* es la especie más representativa y dominante con  $IVI= 0.4$ .

Tabla IV.26. Resultados del estrato arbóreo de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate en el SAR.

Arbóreo	N (40 UMS)	DA Ind/Ha	DR	DOR	FR	IVI	$\pi^2$	$-\pi(i\ln\pi_i)$
<i>Arbutus xalapensis</i>	3	1.88	0.86	1.15	3.85	1.95	0.0001	0.04
<i>Cupressus lusitanica</i>	20	12.50	5.76	1.78	6.41	4.65	0.003	0.16
<i>Juniperus deppeana</i>	154	96.25	44.38	38.71	41.03	41.37	0.20	0.36
<i>Nolina parviflora</i>	68	42.50	19.60	23.04	11.54	18.06	0.04	0.32
<i>Pinus greggii</i>	7	4.38	2.02	1.37	1.28	1.55	0.0004	0.08
<i>Pinus patula</i>	4	2.50	1.15	0.68	2.56	1.46	0.0001	0.05
<i>Pinus pseudostrubus</i>	23	14.38	6.63	12.21	7.69	8.84	0.004	0.18
<i>Pinus teocote</i>	9	5.63	2.59	5.20	5.13	4.31	0.001	0.09
<i>Quercus castanea</i>	27	16.88	7.78	5.55	5.13	6.15	0.01	0.20
<i>Quercus crassifolia</i>	8	5.00	2.31	3.42	3.85	3.19	0.001	0.09
<i>Quercus crassipes</i>	14	8.75	4.03	4.70	7.69	5.48	0.002	0.13
<i>Quercus scytophylla</i>	10	6.25	2.88	2.21	3.85	2.98	0.001	0.10
<b>Total Arbóreo</b>	347	216.88	100.00	100.00	100.00	100.00	0.25	1.81
<b>S</b>			12.00		<b>H'</b>	1.81		
<b>I</b>			0.25		<b>H<sub>max</sub></b>	2.48		
<b>1-I</b>			0.75		<b>J'</b>	0.73		

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), DOR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia,  $\pi^2$ : cuadrado de la proporción de la especie i,  $-\pi(i\ln\pi_i)$ : algoritmo para cálculo de diversidad



de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

Cabe mencionar la presencia de *Cupressus lusitanica*, especie que se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como especie en protección especial (Pr). Dicha especie comúnmente es usada para reforestaciones y hornato además de ser utilizada para remedios medicinales, por lo que no podría descartarse su presencia por introducción. La diversidad se presenta baja con  $H'=1.81$  dada una riqueza de 12 especies y dominancia marcada del sabino, con una equidad mediana a alta (0.73), gracias a las otras especies que se presentan homogéneas en abundancia y que representan a esta comunidad como los pinos y ciprés y el encino.

El estrato arbustivo de la vegetación secundaria se describe a continuación en la Tabla IV.27.

Tabla IV.27. Resultados del estrato arbustivo de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate en el SAR.

Arbustivo	N (40 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Agave salmiana</i>	24	11933.17	5.87	4.37	6.60	5.61	0.003	0.17
<i>Ageratum corymbosum</i>	7	3480.51	1.71	0.50	3.77	2.00	0.0003	0.07
<i>Arbutus xalapensis</i>	4	1988.86	0.98	0.40	2.83	1.40	0.0001	0.05
<i>Baccharis conferta</i>	11	5469.37	2.69	1.40	5.66	3.25	0.001	0.10
<i>Baccharis salicifolia</i>	8	3977.72	1.96	0.51	2.83	1.77	0.0004	0.08
<i>Bouvardia ternifolia</i>	36	17899.76	8.80	0.38	8.49	5.89	0.01	0.21
<i>Buddleja parviflora</i>	1	497.22	0.24	0.14	0.94	0.44	0.00001	0.01
<i>Dalea bicolor</i>	2	994.43	0.49	0.10	1.89	0.83	0.00002	0.03
<i>Isocoma veneta</i>	11	5469.37	2.69	0.12	6.60	3.14	0.001	0.10
<i>Juniperus deppeana</i>	58	28838.50	14.18	44.43	15.09	24.57	0.02	0.28
<i>Loeselia mexicana</i>	6	2983.29	1.47	0.16	1.89	1.17	0.0002	0.06
<i>Mammillaria discolor</i>	22	10938.74	5.38	0.30	5.66	3.78	0.003	0.16
<i>Mammillaria karwinskiana</i>	12	5966.59	2.93	0.16	1.89	1.66	0.001	0.10
<i>Mammillaria rhodantha</i>	4	1988.86	0.98	0.06	1.89	0.97	0.0001	0.05
<i>Nolina parviflora</i>	1	497.22	0.24	0.56	0.94	0.58	0.00001	0.01
<i>Opuntia robusta</i>	8	3977.72	1.96	6.70	1.89	3.51	0.0004	0.08
<i>Opuntia streptacantha</i>	6	2983.29	1.47	0.73	2.83	1.67	0.0002	0.06
<i>Pinus pseudostrubus</i>	1	497.22	0.24	0.37	0.94	0.52	0.00001	0.01
<i>Pinus teocote</i>	1	497.22	0.24	0.03	0.94	0.41	0.00001	0.01
<i>Quercus crassifolia</i>	82	40771.68	20.05	17.65	5.66	14.45	0.04	0.32
<i>Quercus frutex</i>	26	12927.61	6.36	6.48	9.43	7.42	0.004	0.18
<i>Quercus scytophylla</i>	1	497.22	0.24	0.02	0.94	0.40	0.00001	0.01
<i>Salvia microphylla</i>	3	1491.65	0.73	0.05	1.89	0.89	0.0001	0.04
<i>Stevia aschenborniana</i>	5	2486.08	1.22	0.09	2.83	1.38	0.0001	0.05
<i>Yucca filifera</i>	69	34307.88	16.87	14.28	5.66	12.27	0.03	0.30
<b>Total Arbustivo</b>	409	203361.18	100.00	100.00	100.00	100.00	0.11	2.56
<b>S</b>			25.00		<b>H'</b>		2.54	
<b>I</b>			0.11		<b>H<sub>max</sub></b>		3.22	

Arbustivo	N (40 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
1-I		0.89			J'	0.79		

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), COBR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

Se encontraron en el estrato 25 especies de las cuales *Juniperus deppeana* y *Quercus crassifolia* son las más representativas con IVI= 24.57 y 14.45 respectivamente. La diversidad se presenta media (H'=2.54), gracias a la homogeneidad del resto de las especies donde la equidad muestra su valor medio a alto (0.79).

En el caso del estrato herbáceo (Tabla IV.28), se presentaron un mayor número de especies (40) con las características que a continuación se presentan.

Tabla IV.28. Resultados del estrato herbáceo de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate en el SAR.

Herbáceo	N (40 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Bouteloua dactyloides</i>	1	4972155.93	1.01	0.01	1.01	0.68	0.0001	0.05
<i>Bouteloua hirsuta</i>	1	4972155.93	1.01	2.35	1.01	1.46	0.0001	0.05
<i>Carex ciliaris</i>	1	4972155.93	1.01	2.35	1.01	1.46	0.0001	0.05
<i>Castilleja tenuiflora</i>	1	4972155.93	1.01	0.01	1.01	0.68	0.0001	0.05
<i>Cynodon dactylon</i>	1	4972155.93	1.01	0.02	1.01	0.68	0.0001	0.05
<i>Cyperus aggregatus</i>	1	4972155.93	1.01	0.12	1.01	0.71	0.0001	0.05
<i>Dalea leporina</i>	1	4972155.93	1.01	0.01	1.01	0.68	0.0001	0.05
<i>Dalea sericea</i>	1	4972155.93	1.01	2.93	1.01	1.65	0.0001	0.05
<i>Desmodium uncinatum</i>	2	9944311.85	2.02	0.88	2.02	1.64	0.0004	0.08
<i>Eragrostis intermedia</i>	1	4972155.93	1.01	0.04	1.01	0.69	0.0001	0.05
<i>Eragrostis mexicana</i>	1	4972155.93	1.01	1.76	1.01	1.26	0.0001	0.05
<i>Erigeron karvinskianus</i>	1	4972155.93	1.01	0.29	1.01	0.77	0.0001	0.05
<i>Euphorbia dentata</i>	1	4972155.93	1.01	0.29	1.01	0.77	0.0001	0.05
<i>Evolvulus alsinoides</i>	1	4972155.93	1.01	0.18	1.01	0.73	0.0001	0.05
<i>Gaga marginata</i>	1	4972155.93	1.01	0.59	1.01	0.87	0.0001	0.05
<i>Galium mexicanum</i>	1	4972155.93	1.01	0.12	1.01	0.71	0.0001	0.05
<i>Helianthemum glomeratum</i>	7	34805091.49	7.07	5.86	7.07	6.67	0.005	0.19
<i>Hilaria cenchroides</i>	2	9944311.85	2.02	5.86	2.02	3.30	0.0004	0.08
<i>Ipomea purpurea</i>	3	14916467.78	3.03	0.01	3.03	2.02	0.001	0.11
<i>Ipomoea capillacea</i>	1	4972155.93	1.01	0.29	1.01	0.77	0.0001	0.05
<i>Lycurus phleoides</i>	2	9944311.85	2.02	0.07	2.02	1.37	0.0004	0.08
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	1	4972155.93	1.01	0.29	1.01	0.77	0.0001	0.05
<i>Mecardonia procumbens</i>	3	14916467.78	3.03	1.06	3.03	2.37	0.001	0.11
<i>Muhlenbergia macroura</i>	7	34805091.49	7.07	0.14	7.07	4.76	0.005	0.19
<i>Myriopteris aurea</i>	5	24860779.63	5.05	5.28	5.05	5.13	0.003	0.15
<i>Oenothera rosea</i>	1	4972155.93	1.01	0.18	1.01	0.73	0.0001	0.05

Herbáceo	N (40 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Packera bellidifolia</i>	2	9944311.85	2.02	0.88	2.02	1.64	0.0004	0.08
<i>Panicum hallii</i>	9	44749403.34	9.09	22.87	9.09	13.68	0.008	0.22
<i>Pellaea ternifolia</i>	1	4972155.93	1.01	0.59	1.01	0.87	0.0001	0.05
<i>Peperomia bracteata</i>	2	9944311.85	2.02	0.59	2.02	1.54	0.0004	0.08
<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	1	4972155.93	1.01	0.59	1.01	0.87	0.0001	0.05
<i>Plantago australis</i>	1	4972155.93	1.01	0.12	1.01	0.71	0.0001	0.05
<i>Salvia prunelloides</i>	2	9944311.85	2.02	0.59	2.02	1.54	0.0004	0.08
<i>Selaginella pallescens</i>	2	9944311.85	2.02	2.35	2.02	2.13	0.0004	0.08
<i>Setaria parviflora</i>	2	9944311.85	2.02	5.86	2.02	3.30	0.0004	0.08
<i>Stevia connata</i>	4	19888623.71	4.04	2.05	4.04	3.38	0.002	0.13
<i>Stevia serrata</i>	8	39777247.41	8.08	5.28	8.08	7.15	0.01	0.20
<i>Stipa clandestina</i>	12	59665871.12	12.12	24.04	12.12	16.09	0.01	0.26
<i>Verbena menthifolia</i>	1	4972155.93	1.01	0.29	1.01	0.77	0.0001	0.05
<i>Viguiera excelsa</i>	3	14916467.78	3.03	2.93	3.03	3.00	0.001	0.11
<b>Total Herbáceo</b>	99	492243436.75	100.00	100.00	100.00	100.00	0.05	3.30
<b>S</b>			40.00		<b>H'</b>		3.30	
<b>I</b>			0.05		<b>H<sub>max</sub></b>		3.69	
<b>1-I</b>			0.95		<b>J'</b>		0.90	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), COBR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

Las especies representativas del estrato son *Stipa clandestina* y *Panicum hallii* con un IVI= 16.09 y 13.68, el resto de las especies se presentan de manera más homogénea en abundancia por lo que favorecen a una mayor equidad (J=0.9). La diversidad es la más alta de todos los estratos descritos (H'=3.3) gracias al alto número de especies y homogeneidad de sus abundancias.

En general este tipo de vegetación como ya se mencionó, representa una fase de sucesión de la vegetación original la cual por algún factor natural presentó una reestructuración de sus componentes, pero actualmente esta modificación se ve afectada por actividades antropogénicas como son las actividades agropecuarias, esto se pone en evidencia con la presencia de malezas que son indicadoras de la perturbación como son *Ipomea purpurea*, *Dalea leporina*, *Castilleja tenuiflora*, *Bouteloua dactyloides* y *Cynodon dactylon*.

#### H) Vegetación en el AP

El tipo de vegetación que prevalece en las áreas donde se desarrollarán las obras del proyecto es vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate, pastizal Inducido, dominado por las especies (*Juniperus deppeana* y *Pinus pseudostrobus*) y agricultura.

## Metodología de muestreo

La metodología utilizada para la caracterización de la vegetación del AP, fue la misma que se utilizó para el SAR.

## Trabajos de campo

Para la caracterización de la vegetación del AP, se establecieron un total de 12 conglomerados de muestreo, distribuidos uno (1) en pastizal Inducido, ocho (8) en vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate y tres (3) en área agrícola para corroborar su presencia, cada uno de estos conglomerados abarcó un área de 10 000 m<sup>2</sup> (1 ha). En la siguiente Tabla IV.29 se presentan los sitios de muestreo del AP, con sus respectivas coordenadas las cuales se pueden ver en el Mapa IV.24.

Tabla IV.29. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo en el AP.

Sitio de Muestreo	Tipos de Vegetación	Coordenadas UTM	
		X	Y
SP-01	Agrícola	616560	2176185
SP-02	Agrícola	618436	2175352
SP-03	Agrícola	616821	2178518
SP-05	Vegetación secundaria de bosque de táscate	619205	2176476
SP-06	Vegetación secundaria de bosque de táscate	617717	2175310
SP-07	Vegetación secundaria de bosque de táscate	617421	2176865
SP-08	Vegetación secundaria de bosque de táscate	616746	2177658
SP-09	Pastizal inducido	618862	2175965
ConAP 1	Vegetación secundaria de bosque de táscate	618494	2176330
ConAP 2	Vegetación secundaria de bosque de táscate	617395	2175733
ConAP 3	Vegetación secundaria de bosque de táscate	618311	2177158
ConAP 4	Vegetación secundaria de bosque de táscate	618399	2176831

Fuente: INEGI, Serie V, 2013.

Durante los recorridos de los trabajos de campo se observó la presencia de *Psittacanthus calyculatus* (muérdago), considerada como una planta parásita, que crece sobre los árboles. Asimismo, se observaron reforestaciones y algunas actividades para la conservación de suelo, pues actualmente el AP presenta cárcavas producto de la erosión, en diferentes grados.

## Representatividad de los muestreos

La curva de acumulación de especies se emplea para estimar el número de especies esperadas a partir de los muestreos y las abundancias obtenidas, por lo que a continuación se presentan las curvas de acumulación de especies para cada tipo de vegetación muestreada.

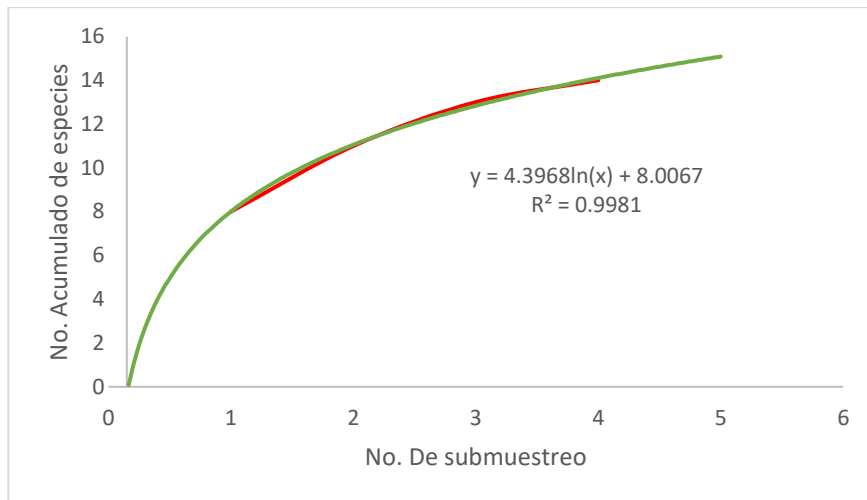


Figura IV.12 Curva de acumulación de especies para los muestreos de pastizal inducido del AP.

Como se observa en el gráfico anterior (Figura IV.12) el número de muestreos realizados para el pastizal inducido, fue suficiente para la representatividad del ecosistema, ya que al muestreo 4 se acerca a la asíntota registrando cerca del 70% de la riqueza posible del área.

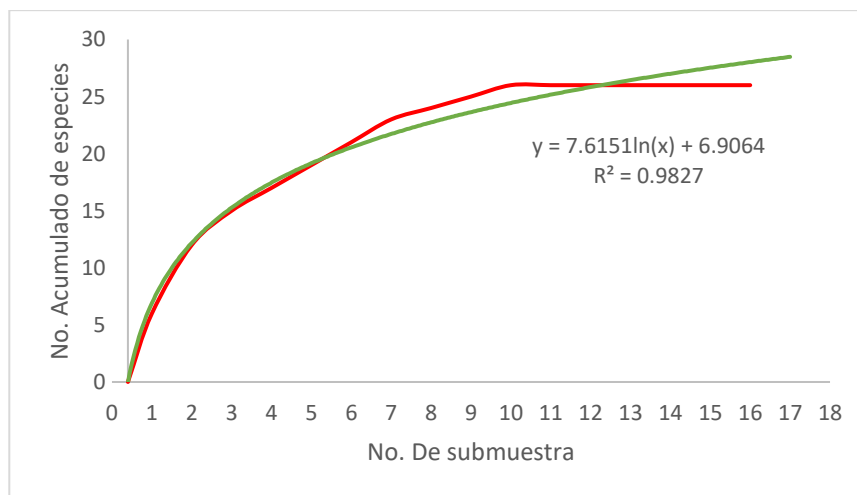


Figura IV.13 Curva de acumulación de especies para los muestreos de vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate del AP.

En el caso de la vegetación secundaria arbórea de táscate (Figura IV.13), se muestra un modelo en el que la asíntota es alcanzada cerca del muestreo 8 de 16 efectuadas, por lo que se considera que el muestreo es el adecuado para la descripción de la comunidad, pues se ha obtenido la máxima representación de la riqueza posible del tipo de vegetación con 25 especies.

*Listado taxonómico de especies identificadas en campo*

De acuerdo con los resultados de los muestreos de la flora realizados sobre el Área del Proyecto, dentro de los sitios de muestreo se obtuvo un total de 60 especies pertenecientes a 19 familias florísticas (Figura IV.14), las cuales por abundancia las más representadas son Pinaceae (23%), Cupressaceae, Asparagaceae y Fabaceae con 18% cada una.

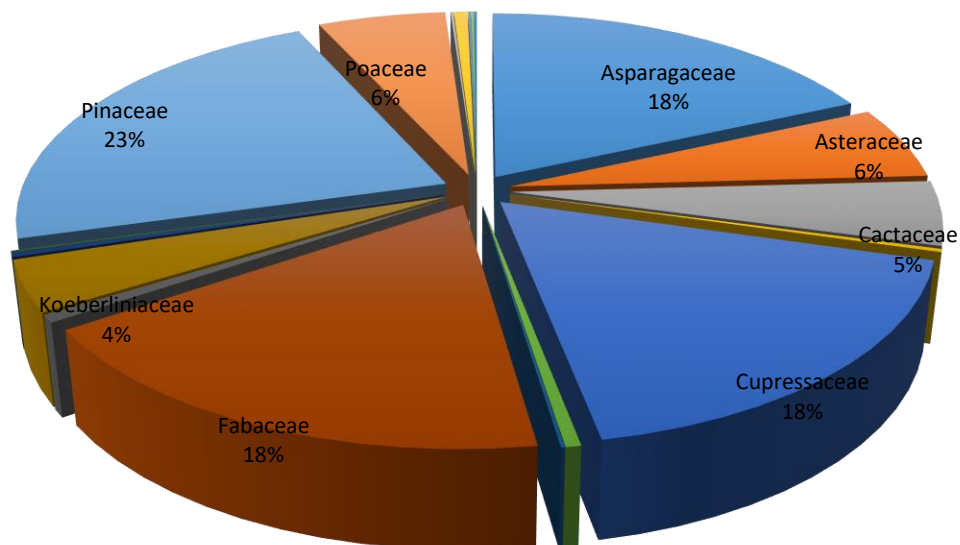


Figura IV.14 Porcentaje por abundancia de cada familia representadas en el AP.

La lista de especies registradas en el AP se muestra en la siguiente Tabla IV.30.

Tabla IV.30 Listado taxonómico de flora para el AP.

Familia	No.	Especies	Nombre común
Asparagaceae	1	<i>Agave kerchovei</i>	Maguey rabo de león
	2	<i>Agave salmiana</i>	Maguey pulquero
	3	<i>Echeandia flavescens</i>	Coyamol
	4	<i>Nolina parviflora</i>	Palma soyate
	5	<i>Yucca filifera</i>	Palmita pita
Asteraceae	6	<i>Ageratum corymbosum</i>	Cielitos
	7	<i>Baccharis conferta</i>	Azoyate
	8	<i>Baccharis salicifolia</i>	Azumiate
	9	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Azomiate
	10	<i>Isocoma veneta</i>	Falsa damiana
	11	<i>Pseudognaphalium roseum</i>	Rosy rabbit-tabacco
	12	<i>Stevia aschenborniana</i>	Totocanhuitl
	13	<i>Stevia serrata</i>	Burrillo
Cactaceae	14	<i>Cylindropuntia tunicata</i>	Abrojo
	15	<i>Mammillaria karwinskiana</i>	Biznaga de Karwinski

Familia	No.	Especies	Nombre común
	16	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga de espina solitaria
	17	<i>Mammillaria rhodantha</i>	Biznaga flores rosadas
	18	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nopal de castilla
	19	<i>Opuntia pubescens</i>	Tetencholete
	20	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso
	21	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón
Convolvulaceae	22	<i>Ipomea purpurea</i>	Campanita
Cupressaceae	23	<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco
	24	<i>Juniperus deppeana</i>	Sabino
Euphorbiaceae	25	<i>Euphorbia nutans</i>	Golondrina
Ericaceae	26	<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño
Fabaceae	27	<i>Astragalus strigosus</i>	Cola de borrego
	28	<i>Cologania broussonetii</i>	Cologania mexicana
	29	<i>Dalea bicolor</i>	Cabeza de ratón
	30	<i>Dalea sericea</i>	SN
	31	<i>Desmodium uncinatum</i>	Desmodio de hoja plateada
	32	<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	Jícama de monte
	33	<i>Vachellia farnesiana</i>	Aromo
Fagaceae	34	<i>Quercus castanea</i>	Encino capulincillo
	35	<i>Quercus crassipes</i>	Encino tesmolillo
	36	<i>Quercus rugosa</i>	Encino quiebra hacha
Koeberliniaceae	37	<i>Koeberlinia spinosa</i>	Abrojo
Lamiaceae	38	<i>Salvia elegans</i>	Hierba del burro
	39	<i>Salvia microphylla</i>	Mirto
	40	<i>Salvia prunelloides</i>	Salvia
Malpighiaceae	41	<i>Malpighia mexicana</i>	Nanche rojo
Pinaceae	42	<i>Pinus greggii</i>	Pino prieto
	43	<i>Pinus leiophylla</i>	Ocote chino
	44	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino lacio
Poaceae	45	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Banderilla
	46	<i>Bouteloua hirsuta</i>	Gramma
	47	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla
	48	<i>Cynodon dactylon</i>	Gallitos
	49	<i>Eragrostis intermedia</i>	Zacate llanero
	50	<i>Lycurus phleoides</i>	Palo lobo
	51	<i>Muhlenbergia macroura</i>	Zacatón
	52	<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	Arrocillo
	53	<i>Stipa clandestina</i>	Zacate picoso
	54	<i>Stipa ichu</i>	Hierba plumosa peruana
Polemoniaceae	55	<i>Loeselia mexicana</i>	Espinosilla
Pteridaceae	56	<i>Myriopteris aurea</i>	Helecho

Familia	No.	Especies	Nombre común
	57	<i>Pellaea ternifolia</i>	Trans-Pecos freno de acantilado
Rosaceae	58	<i>Malacomeles denticulata</i>	Duraznillo
Rubiaceae	59	<i>Galium mexicanum</i>	Pega ropa
Solanaceae	60	<i>Bouchetia erecta</i>	Lengua pintada

I) Estatus de las especies en AP en alguna categoría de conservación

De las 60 especies encontradas (Tabla IV.32), 17 se consideran como endémicas (*Agave kerchovej*, *A. salmiana*, *Echeandia flavescens*, *Nolina parviflora*, *Yucca filifera*, *Isocoma veneta*, *Stevia aschenborniana*, *Mammillaria karwinskiana*, *M. magnimamma*, *M. rhodanta*, *Opuntia robusta*, *O. streptocantha*, *Quercus rugosa*, *Salvia prunelloides*, *Pinus greggii*, *P. leiophylla* y *Muhlenbergia macroura*) todas las cactáceas están consideradas en la lista II de CITES, una especie dentro de la categoría de Vulnerable en la *red list* de la IUCN (*Pinus greggii*) y una especie dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 considerada en protección especial (*Cupressus lusitánica*). En el listado de especies (véase Tabla IV.32), también es posible visualizar 22 especies de malezas indicadoras de ambientes alterados por la actividad humana (*Echeandia flavescens*, *Baccharis salicifolia*, *Barkleyanthus salicifolius*, *Isocoma veneta*, *Stevia aschenborniana*, *Stevia serrata*, *Ipomea purpurea*, *Euphorbia nutans*, *Astragalus strigosus*, *Cologania broussonetii*, *Dalea bicolor*, *Desmodium uncinatum*, *Macroptilium gibbosifolium*, *Bouvardia ternifolia*, *Cynodon dactylon*, *Stipa clandestina*, *Stipa ichu*, *Loeselia mexicana*, *Myriopteris aurea*, *Malacomeles denticulata*, *Galium mexicanum* y *Bouchetia erecta*).

J) Resultados para el AP

**Vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate**

De acuerdo con los resultados de la Tabla IV.31, dentro del estrato arbóreo se registraron 288 organismos distribuidos en 10 especies. Las especies representativas del estrato son *Pinus pseudostrobus* y *Juniperus deppeana* con un IVI= 37.85 y 27.61, seguida en importancia por *Pinus leiophylla* (10.94).

Tabla IV.31. Resultados de los cálculos de los índices de diversidad del estrato arbóreo de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate del AP.

Arbóreo	N (32 UMS)	DA Ind/Ha	DR	DOR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Cupressus lusitánica</i>	21	16.41	7.29	5.45	6.06	6.27	0.01	0.19
<i>Juniperus deppeana</i>	67	52.34	23.26	24.71	34.85	27.61	0.05	0.34
<i>Nolina parviflora</i>	17	13.28	5.90	8.50	7.58	7.33	0.003	0.17
<i>Pinus greggii</i>	5	3.91	1.74	2.19	3.03	2.32	0.0003	0.07
<i>Pinus leiophylla</i>	20	15.63	6.94	12.24	13.64	10.94	0.005	0.19
<i>Pinus pseudostrobus</i>	144	112.50	50.00	40.82	22.73	37.85	0.25	0.35
<i>Quercus castanea</i>	1	0.78	0.35	1.09	1.52	0.98	0.00001	0.02
<i>Quercus crassipes</i>	2	1.56	0.69	0.15	1.52	0.79	0.00005	0.03
<i>Quercus rugosa</i>	1	0.78	0.35	2.82	1.52	1.56	0.00001	0.02



Arbóreo	N (32 UMS)	DA Ind/Ha	DR	DOR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Yucca filifera</i>	10	7.81	3.47	2.03	7.58	4.36	0.001	0.12
Total Arbóreo	288	225.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.32	1.49
<b>S</b>		10.00			<b>H'</b>	1.49		
<b>I</b>		0.32			<b>H<sub>max</sub></b>	2.30		
<b>1-I</b>		0.68			<b>J'</b>	0.65		

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), DOR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, p<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

Tabla IV.32. Listado de las especies en el AP en alguna categoría de conservación.

Familia	No.	Especies	Nombre común	VSABJ		PI	Endemismo	NOM-059	CITES	IUCN	Otro
				S	LL	S					
Asparagaceae	1	<i>Agave kerchovei</i>	Magüey rabo de león	*	*	*	En				
	2	<i>Agave salmiana</i>	Magüey pulquero	*		*	En			LC	Uso Textil y bebidas
	3	<i>Echeandia flavescens</i>	Coyamol		*		En			LC	Maleza
	4	<i>Nolina parviflora</i>	Palma soyate		*		En				
	5	<i>Yucca filifera</i>	Palmita pita	*	*	*	En				
Asteraceae	6	<i>Ageratum corymbosum</i>	Cielitos		*						
	7	<i>Baccharis conferta</i>	Azoyate	*	*						Uso en herbolaria
	8	<i>Baccharis salicifolia</i>	Azumiata	*							Maleza
	9	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Azumiata			*					Maleza, Medicinal e insecticida
	10	<i>Isocoma veneta</i>	Falsa damiana		*		En				Maleza
	11	<i>Pseudognaphalium roseum</i>	Rosy rabbit-tabacco		*						
	12	<i>Stevia aschenborniana</i>	Totocanxihuitl		*		En				Maleza
13	<i>Stevia serrata</i>	Burrillo		*						Maleza	
Cactaceae	14	<i>Cylindropuntia tunicata</i>	Abrojo	*					II	LC	
	15	<i>Mammillaria karwinskiana</i>	Biznaga de Karwinski	*			En		II	LC	
	16	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga de espina solitaria		*		En		II	LC	
	17	<i>Mammillaria rhodantha</i>	Biznaga flores rosadas	*			En		II	LC	
	18	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nopal de castilla	*		*			II		Comestible, frutal
	19	<i>Opuntia pubescens</i>	Tetencholete			*			II	LC	Utilizada para separar terrenos, cercos
	20	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	*		*	En		II	LC	
21	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	*			En		II	LC		
Convolvulaceae	22	<i>Ipomea purpurea</i>	Campanita	*							Maleza, usado en herbolaria
Cupressaceae	23	<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco	*				Pr		LC	Medicinal, ornamental, construcción y reforestación

Familia	No.	Especies	Nombre común	VSABJ		PI	Endemismo	NOM-059	CITES	IUCN	Otro
				S	LL	S					
	24	<i>Juniperus deppeana</i>	Sabino	*	*	*				LC	
Euphorbiaceae	25	<i>Euphorbia nutans</i>	Golondrina		*						Maleza
Ericaceae	26	<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño	*		*					Uso en herbolaria y fabricación de recipientes
Fabaceae	27	<i>Astragalus strigulosus</i>	Cola de borrego		*						Maleza
	28	<i>Cologania broussonetii</i>	Cologania mexicana		*						Maleza
	29	<i>Dalea bicolor</i>	Cabeza de ratón	*						LC	Maleza, Uso en herbolaria
	30	<i>Dalea sericea</i>	SN		*						
	31	<i>Desmodium uncinatum</i>	Desmodio de hoja plateada		*						Maleza
	32	<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	Jícama de monte		*						Maleza
	33	<i>Vachellia farnesiana</i>	Aromo	*		*					
Fagaceae	34	<i>Quercus castanea</i>	Encino capulincillo	*						LC	Como leña
	35	<i>Quercus crassipes</i>	Encino tesmolillo		*						
	36	<i>Quercus rugosa</i>	Encino quiebra hacha		*		En				
Koeberliniaceae	37	<i>Koeberlinia spinosa</i>	Abrojo	*							
Lamiaceae	38	<i>Salvia elegans</i>	Hierba del burro	*							Comestible, medicinal
	39	<i>Salvia microphylla</i>	Mirto		*						
	40	<i>Salvia prunelloides</i>	Salvia		*		En				
Malpighiaceae	41	<i>Malpighia mexicana</i>	Nanche rojo		*						
Pinaceae	42	<i>Pinus greggii</i>	Pino prieto	*			En			VU	Maderable
	43	<i>Pinus leiophylla</i>	Ocote chino	*		*	En			LC	Maderable
	44	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino lacio		*					LC	
Poaceae	45	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Banderilla		*						
	46	<i>Bouteloua hirsuta</i>	Gramma		*						
	47	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla		*						Maleza
	48	<i>Cynodon dactylon</i>	Gallitos	*							Maleza, Introducida africana

Familia	No.	Especies	Nombre común	VSABJ		PI	Endemismo	NOM-059	CITES	IUCN	Otro
				S	LL	S					
	49	<i>Eragrostis intermedia</i>	Zacate llanero	*		*					
	50	<i>Lycurus phleoides</i>	Palo lobo	*		*					
	51	<i>Muhlenbergia macroura</i>	Zacatón	*			En				
	52	<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	Arrocillo		*						
	53	<i>Stipa clandestina</i>	Zacate picoso		*						Maleza
	54	<i>Stipa ichu</i>	Hierba plumosa peruana			*					Maleza
Polemoniaceae	55	<i>Loeselia mexicana</i>	Espinosilla		*						Maleza
Pteridaceae	56	<i>Myriopteris aurea</i>	Helecho		*						Maleza
	57	<i>Pellaea ternifolia</i>	Trans-Pecos freno de acantilado		*						
Rosaceae	58	<i>Malacomeles denticulata</i>	Duraznillo		*						Maleza
Rubiaceae	59	<i>Galium mexicanum</i>	Pega ropa		*						Maleza
Solanaceae	60	<i>Bouquetia erecta</i>	Lengua pintada		*						Maleza
		60		26	35	14	17	1	8	16	

S (Secas), LL (Lluvias), VSABJ (Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Tásate), PI (pastizal Inducido), En (Endémica), Pr (Especie Prioritaria), LC (Bajo en preocupación), VU (Vulnerable).

En cuanto a la diversidad de especies, se obtuvo índice de Shannon, bajo ( $H' = 1.49$ ), debido a una riqueza baja en especies y una abundancia en donde las especies anteriores mencionadas tienden a dominar el estrato; esto se confirma con el índice de equitatividad bajo (0.65).

Para el estrato arbustivo se obtuvo una total de 470 organismos distribuidos en una riqueza de 29 especies (Tabla IV.33), donde *Juniperus deppeana* obtiene el mayor IVI con 20.58, seguida de *Vachellia farnesiana* (14.6). Los índices de diversidad obtenidos muestran una comunidad medianamente diversa ( $H' = 2.59$ ), con equitatividad que denota cierto grado de dominancia por las especies mencionadas, el resto de las especies muestra cierto grado de equitatividad (0.77) en sus abundancias.

Tabla IV.33. Resultados de los cálculos de índices de diversidad del estrato arbustivo de la Vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate del AP.

Arbustivo	N (32 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(Inpi)
<i>Agave kerchovei</i>	14	8701.27	2.98	2.85	5.13	3.65	0.001	0.10
<i>Agave salmiana</i>	55	34183.57	11.70	8.47	9.40	9.86	0.01	0.25
<i>Ageratum corymbosum</i>	8	4972.16	1.70	0.87	4.27	2.28	0.0003	0.07
<i>Arbutus xalapensis</i>	4	2486.08	0.85	1.42	1.71	1.33	0.0001	0.04
<i>Baccharis conferta</i>	16	9944.31	3.40	3.53	3.42	3.45	0.001	0.12
<i>Baccharis salicifolia</i>	8	4972.16	1.70	0.38	3.42	1.83	0.0003	0.07
<i>Bouvardia ternifolia</i>	15	9322.79	3.19	0.25	5.98	3.14	0.001	0.11
<i>Cylindropuntia tunicata</i>	1	621.52	0.21	0.11	0.85	0.39	0.000005	0.01
<i>Dalea bicolor</i>	7	4350.64	1.49	0.09	1.71	1.10	0.0002	0.06
<i>Dalea sericea</i>	1	621.52	0.21	0.05	0.85	0.37	0.000005	0.01
<i>Echeandia flavescens</i>	12	7458.23	2.55	6.08	0.85	3.16	0.001	0.09
<i>Juniperus deppeana</i>	56	34805.09	11.91	31.88	17.95	20.58	0.01	0.25
<i>Koeberlinia spinosa</i>	33	20510.14	7.02	8.01	2.56	5.86	0.005	0.19
<i>Loeselia mexicana</i>	1	621.52	0.21	0.09	0.85	0.39	0.000005	0.01
<i>Malacomeles denticulata</i>	1	621.52	0.21	0.55	0.85	0.54	0.000005	0.01
<i>Malpighia mexicana</i>	1	621.52	0.21	1.56	0.85	0.88	0.000005	0.01
<i>Mammillaria karwinskiana</i>	8	4972.16	1.70	0.09	2.56	1.45	0.0003	0.07
<i>Mammillaria magnimamma</i>	5	3107.60	1.06	0.00	0.85	0.64	0.0001	0.05
<i>Mammillaria rhodantha</i>	3	1864.56	0.64	0.09	1.71	0.81	0.00004	0.03
<i>Nolina parviflora</i>	1	621.52	0.21	0.42	0.85	0.49	0.000005	0.01
<i>Opuntia ficus indica</i>	4	2486.08	0.85	0.34	2.56	1.25	0.0001	0.04
<i>Opuntia robusta</i>	14	8701.27	2.98	1.91	4.27	3.05	0.001	0.10
<i>Opuntia streptacantha</i>	7	4350.64	1.49	1.81	1.71	1.67	0.0002	0.06
<i>Pinus leiophylla</i>	10	6215.19	2.13	1.48	3.42	2.34	0.0005	0.08
<i>Pinus pseudostrabus</i>	6	3729.12	1.28	0.43	2.56	1.42	0.0002	0.06
<i>Quercus rugosa</i>	1	621.52	0.21	0.14	0.85	0.40	0.000005	0.01
<i>Stevia aschenborniana</i>	9	5593.68	1.91	1.01	5.98	2.97	0.0004	0.08
<i>Vachellia farnesiana</i>	128	79554.49	27.23	12.29	4.27	14.60	0.07	0.35
<i>Yucca filifera</i>	41	25482.30	8.72	13.81	7.69	10.08	0.01	0.21
Total Arbustivo	470	292114.16	100.00	100.00	100.00	100.00	0.12	2.59

Arbustivo	N (32 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
S			29.00		H'		2.59	
I			0.12		Hmax		3.37	
1-I			0.88		J'		0.77	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), COBR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: dominancia de Simson, 1-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

El estrato herbáceo se caracterizó con una riqueza de 26 especies (Tabla IV.34), donde la más característica fue *Stipa clandestina* (Zacate picoso) (IVI=31.11) y *Muhlenbergia macroura* (zacatón) (IVI= 10.71), La diversidad se presenta media (H'=2.87), hay una equidad alta (0.88) pero la abundancia del zacate picoso y zacatón por volumen declaran su dominancia en el estrato.

Tabla IV.34. Resultados de los cálculos de índices de diversidad del estrato herbáceo de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate del AP.

Herbáceo	N (32 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Ageratum corymbosum</i>	2	12430389.82	3.17	0.97	3.17	2.44	0.001	0.11
<i>Astragalus strigosus</i>	3	18645584.73	4.76	6.07	4.76	5.20	0.002	0.14
<i>Bouquetia erecta</i>	1	6215194.91	1.59	0.24	1.59	1.14	0.0003	0.07
<i>Bouteloua curtipendula</i>	1	6215194.91	1.59	3.64	1.59	2.27	0.0003	0.07
<i>Bouteloua hirsuta</i>	2	12430389.82	3.17	3.88	3.17	3.41	0.001	0.11
<i>Cologania broussonetii</i>	2	12430389.82	3.17	1.21	3.17	2.52	0.001	0.11
<i>Cynodon dactylon</i>	1	6215194.91	1.59	0.04	1.59	1.07	0.0003	0.07
<i>Dalea sericea</i>	2	12430389.82	3.17	6.07	3.17	4.14	0.001	0.11
<i>Desmodium uncinatum</i>	3	18645584.73	4.76	2.06	4.76	3.86	0.002	0.14
<i>Eragrostis intermedia</i>	4	24860779.63	6.35	0.16	6.35	4.29	0.004	0.18
<i>Euphorbia nutans</i>	1	6215194.91	1.59	0.61	1.59	1.26	0.0003	0.07
<i>Galium mexicanum</i>	1	6215194.91	1.59	1.21	1.59	1.46	0.0003	0.07
<i>Ipomea purpurea</i>	2	12430389.82	3.17	0.02	3.17	2.12	0.001	0.11
<i>Isocoma veneta</i>	2	12430389.82	3.17	0.49	3.17	2.28	0.001	0.11
<i>Lycurus phleoides</i>	1	6215194.91	1.59	0.10	1.59	1.09	0.0003	0.07
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	1	6215194.91	1.59	4.85	1.59	2.68	0.0003	0.07
<i>Muhlenbergia macroura</i>	10	62151949.09	15.87	0.39	15.87	10.71	0.03	0.29
<i>Myriopteris aurea</i>	4	24860779.63	6.35	6.07	6.35	6.26	0.004	0.18
<i>Pellaea ternifolia</i>	1	6215194.91	1.59	1.21	1.59	1.46	0.0003	0.07
<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	1	6215194.91	1.59	0.61	1.59	1.26	0.0003	0.07
<i>Pseudognaphalium roseum</i>	1	6215194.91	1.59	0.61	1.59	1.26	0.0003	0.07
<i>Salvia elegans</i>	1	6215194.91	1.59	0.01	1.59	1.06	0.0003	0.07
<i>Salvia microphylla</i>	1	6215194.91	1.59	1.21	1.59	1.46	0.0003	0.07
<i>Salvia prunelloides</i>	1	6215194.91	1.59	0.61	1.59	1.26	0.0003	0.07
<i>Stevia serrata</i>	2	12430389.82	3.17	2.43	3.17	2.93	0.001	0.11
<i>Stipa clandestina</i>	12	74582338.90	19.05	55.23	19.05	31.11	0.04	0.32

Herbáceo	N (32 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
Total Herbáceo	63	391557279.24	100.00	100.00	100.00	100.00	0.08	2.87
<b>S</b>			26.00		<b>H'</b>		2.87	
<b>I</b>			0.08		<b>Hmax</b>		3.26	
<b>1-I</b>			0.92		<b>J'</b>		0.88	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), COBR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

### Conclusiones para la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate

De acuerdo a los resultados obtenidos para este tipo de vegetación, se presentó en general diversidades medias a baja ( $H' = 1.49-2.87$ ), teneniendo especies características como a *Junniperus deppenana*, *Pinus pseudostrobus*, *Vachellia farnesiana*, *Stipa clandestina* y *Muhlenbergia macroura* dominando la vista general de la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate. Cuando un tipo de vegetación es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales el resultado es una comunidad vegetal significativamente diferente a la original y con estructura y composición florística heterogénea y de riqueza mayor a la vegetación primaria que forman fases sucesionales conocidas como “vegetación secundaria” que en forma natural y con el tiempo pueden favorecer la recuperación de la vegetación original. Asi tenemos especies características de bosque de táscate, como el *Juniperus deppenana*, *Pinus pseudostrobus* y *P. leiophylla*, con la combinación de especies de ambientes xerófilos como las cactáceas y asparagaceas.

Cabe mencionar que en este tipo de vegetación en AP difieren 15 especies de las 88 encontradas en SAR. Siete (7) especies son consideradas malezas (Tabla IV.35), dos (2) especies están consideradas como endémicas (Tabla IV.36) como son *Agave kerchovei* y *Quercus rugosa*, el resto de las especies no se encuentran en la NOM-059- SEMARNAT-2010 ni en ningún otro estatus de conservación, alguna de ellas son usadas para la alimentación y que frecuentemente son introducidas en otras regiones del país para su cultivo conformando los tunales o nopaleras o para delimitar propiedades en forma de cercas naturales como *Cylindropuntia tunicata* y *Opuntia ficus-indica*, en el caso del abrojo como planta de hortaliza y que puede tener uso medicinal y que están consideradas en el Apéndice II de CITES (Tabla IV.37), se encuentran otras cinco (5) especies que no fueron encontradas en el SAR probablemente por cuestiones de azar por su baja abundancia en la región, que sin embargo de acuerdo a datos de colecciones científica y CONABIO se mencionan abundantes en otras regiones del país y de amplia distribución desde el sur de Estados Unidos hasta el sur de México (Tabla IV.38).

Tabla IV.35. Especies encontradas en AP no encontradas en SAR consideradas como malezas.

Especies	Nombre común
<i>Echeandia flavescens</i>	Coyamol
<i>Euphorbia nutans</i>	Golondrina
<i>Astragalus strigulosus</i>	Cola de borrego
<i>Cologania broussonetii</i>	Cologania mexicana
<i>Dalea bicolor</i>	Cabeza de ratón
<i>Malacomeles denticulata</i>	Duraznillo
<i>Bouchetia erecta</i>	Lengua pintada

Tabla IV.36. Especies encontradas en AP no encontradas en SAR consideradas como endémicas.

Especie	Nombre común	Carcaterísticas
<i>Agave kerchovei</i>	Maquey rabo de león	En
<i>Quercus rugosa</i>	Encino quiebra hacha	En

Tabla IV.37. Especies encontradas en AP no encontradas en SAR consideradas en el Apéndice II de CITES.

Especie	Nombre común	Carcaterísticas
<i>Cylindropuntia tunicata</i>	Abrojo	II
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nopal de castilla	II

Tabla IV.38. Especies encontradas en AP no encontradas en SAR, pero de uso común o distribuidas ampliamente.

Especie	Nombre común	Carcaterísticas
<i>Pseudognaphalium roseum</i>	Rosy rabbit-tabacco	Abundante en los estados del este u sur de México
<i>Vachellia farnesiana</i>	Aromo o Huizache	Abundante en México y cultivada en Europa
<i>Koeberlinia spinosa</i>	Abrojo	Es posible encontrarla desde el sur de EU como Arizona hasta la Sierra Madre Oriental en la meseta central.
<i>Malpighia mexicana</i>	Nanche rojo	No se menciona como maleza, pero es común encontrarla en orillas de camino y terrenos agrícolas.
<i>Bouteloua curtipendula</i>	Banderilla	Muy común desde el sur de EU utilizadas para restauración de praderas.

### Pastizal Inducido

El estrato arbóreo de pastizal inducido, es atípico en un pastizal, sin embargo, de manera dispersa se pudieron observar dos especies *Yucca filifera* y *Juniperus deppeana*, la primera más abundante con un IVI de 58.44, por lo tanto, la diversidad es muy baja con  $H' = 0.45$  debido a la dominancia por número de individuos (Tabla IV.39). La presencia de estas especies denota la interrelación de estas áreas con la vegetación original de táscate (*Juniperus deppeana*) en vías de recuperación como una fase sucesional o bien como vestigio de su origen pero cuya tendencia hacia un ambiente distinto como un matorral xerófilo con la presencia y dominancia de *Yucca filifera*, Como fuere, ambas situaciones implican la transformación de un ambiente de bosque de táscate por influencia antropogénica por la actividad agropecuaria en la región.

Tabla IV.39. Resultados de los cálculos de diversidad para el estrato arbóreo del pastizal inducido del AP.

Arbóreo	N (4 UMS)	DA Ind/Ha	DR	DOR	FR	IVI	$\pi^2$	$-\pi(\ln\pi)$
<i>Juniperus deppeana</i>	2	12.50	16.67	68.00	40.00	41.56	0.03	0.30
<i>Yucca filifera</i>	10	62.50	83.33	32.00	60.00	58.44	0.69	0.15



Arbóreo	N (4 UMS)	DA Ind/Ha	DR	DOR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(Inpi)
Total Arbóreo	12	75.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.72	0.45
<b>S</b>			2.00		<b>H'</b>		0.45	
<b>I</b>			0.72		<b>Hmax</b>		0.69	
<b>1-I</b>			0.28		<b>J'</b>		0.65	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), DOR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(Inpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

El estrato arbustivo de pastizal inducido se caracterizó con 10 especies (Tabla IV.40), donde por importancia destacan *Agave salmiana* (maguer pulquero), *Vachellia farnesiana* (huizache), y *Arbutus xalapensis* (madroño) con IVI= 20.36, 17.89 y 16.29 respectivamente. La diversidad es baja con H'= 1.92 por su bajo número de especies, pero una equidad regular de 0.84 por la homogeneidad de sus abundancias en dos grupos, tres especies se mostraron abundantes y siete escasas. Debe hacerse mención de *Barkleyanthus salicifolius* (azomite), especie que no fue encontrada en el SAR, pero que resulta ser una maleza indicadora de perturbación antropogénica.

Tabla IV.40. Resultados de los cálculos de diversidad para el estrato arbustivo del pastizal inducido del AP.

Arbustivo	N (4 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(Inpi)
<i>Agave kerchovei</i>	4	19888.62	4.82	4.68	11.11	6.87	0.002	0.15
<i>Agave salmiana</i>	17	84526.65	20.48	18.37	22.22	20.36	0.04	0.32
<i>Arbutus xalapensis</i>	20	99443.12	24.10	19.21	5.56	16.29	0.06	0.34
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	1	4972.16	1.20	0.72	5.56	2.49	0.0001	0.05
<i>Juniperus deppeana</i>	4	19888.62	4.82	2.88	16.67	8.12	0.002	0.15
<i>Opuntia ficus indica</i>	1	4972.16	1.20	0.48	5.56	2.41	0.0001	0.05
<i>Opuntia pubescens</i>	3	14916.47	3.61	10.80	5.56	6.66	0.001	0.12
<i>Opuntia robusta</i>	8	39777.25	9.64	8.76	16.67	11.69	0.01	0.23
<i>Pinus leiophylla</i>	5	24860.78	6.02	10.08	5.56	7.22	0.004	0.17
<i>Vachellia farnesiana</i>	20	99443.12	24.10	24.01	5.56	17.89	0.06	0.34
Total Arbustivo	83	412688.94	100.00	100.00	100.00	100.00	0.18	1.92
<b>S</b>			10.00		<b>H'</b>		1.92	
<b>I</b>			0.18		<b>Hmax</b>		2.30	
<b>1-I</b>			0.82		<b>J'</b>		0.84	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), COBR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(Inpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

En el estrato herbáceo se registraron tres especies, las cuales se encuentran muy semejantes en abundancia (Tabla IV.41). *Eragrostis intermedia* parece con mayor IVI con 42.61, La diversidad baja con H'= 1.05 pero la equidad alta manifestando la homogeneidad de las abundancias mencionada (J= 0.96). Cabe destacar la presencia de *Stipa ichu* (hierba plumosa peruana) la cual es una maleza y no fue registrada en el SAR.

Tabla IV.41. Resultados de los cálculos de diversidad para el estrato herbáceo del pastizal inducido del AP.

Herbáceo	N (4 UMS)	DA Ind/Ha	DR	COBR	FR	IVI	pi <sup>2</sup>	-pi(lnpi)
<i>Eragrostis intermedia</i>	2	99443118.54	40.00	47.83	40.00	42.61	0.16	0.37
<i>Lycurus phleoides</i>	1	49721559.27	20.00	8.70	20.00	16.23	0.04	0.32
<i>Stipa ichu</i>	2	99443118.54	40.00	43.48	40.00	41.16	0.16	0.37
Total Herbáceo	5	248607796.34	100.00	100.00	100.00	100.00	0.36	1.05
<b>S</b>			3.00		<b>H'</b>		1.05	
<b>I</b>			0.36		<b>H<sub>max</sub></b>		1.10	
<b>1-I</b>			0.64		<b>J'</b>		0.96	

DA: densidad absoluta (ind/Ha), DR: densidad relativa (%), COBR: Cobertura relativa (%), FR: frecuencia relativa(%), IVI: índice de valor de importancia, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, 1-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

Deribado de los muestreos para la caracterización de la vegetación del AP, se observó la presencia de áreas de pastizal inducidos, se hace la observación de que estas áreas se han establecido en la zona como consecuencia de actividades agropecuarias, como la deforestación para la implementación de áreas de uso agropecuario, las cuales se ven en las cercanías de los poblados y se encuentran tan intensamente pastoreados que durante la mayor parte del año la cubierta vegetal herbácea no pasa de una altura media de 5 cm. Su característica de suelo modificado resalta por la presencia de especies como *Barkleyanthus salicifolius*, *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia pubescens* y *Stipa ichu*, algunas consideradas como maleza y otras para la alimetnación y cercado de propiedades. Los pastizales son sometidos a fuegos frecuentes y la acción del pisoteo parece ser uno de los principales factores de su existencia. El largo periodo de sequía hace que tengan un color amarillo pajizo durante más de 6 meses.

Por otro lado, el análisis exploratorio de Olmstead and Tuckey nos ayuda a corroborar aquellas especies importantes que se han resaltado en el análisis de diversidad descrito, resaltan las especies dominantes que pueden emplearse como base en los programas futuros de restauración (Figura IV.15).

Especies como *Juniperus deppeana* y *Pinus pseudostrobus* son especies dominantes y descriptivas del bosque de táscate los cuales apoyarían a la recuperación empleándose en las proporciones y tiempos adecuados para su reforestación que en conjunto con otras acciones de mitigación como parte del Plan de cierre y rehabilitación ayudarán a recuperar las condiciones originales del sitio.

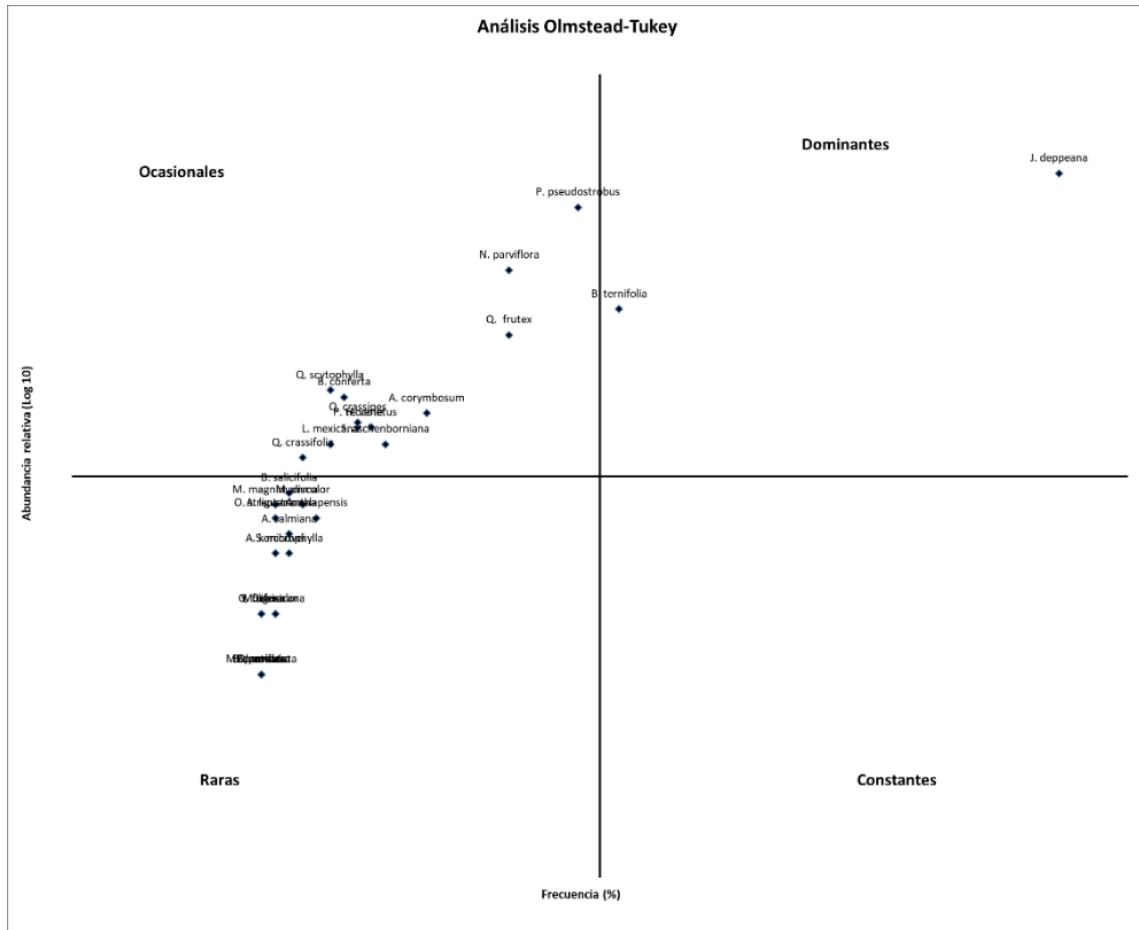


Figura IV.15 Análisis Olmstead-Tukey para determinar de manera gráfica la importancia de las especies en el SA de Bosque de Táscate.

K) Especies en algún estatus de riesgo

De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 *Cupressus lusitánica* (Cedro blanco) esta considerada en la categoría de protección especial (Pr). Por otra parte, nueve especies en el apéndice II de la CITES y una especie en categoría de vulnerable por la red list de la IUCN. Los detalles de estas especies se muestran en la Tabla IV.42. Respecto a la distribución geográfica, se consideran 27 especies endémicas.

Tabla IV.42. Especies registradas en el SAR o AP con algún estatus de riesgo.

Familia	No.	Especies	Nombre común	Sitio		Endem.	NOM-059	CITES	IUCN	Otro
Asparagaceae	1	<i>Agave kerchovei</i>	Maguey rabo de león	SAR	AP	En				
	2	<i>Agave salmiana</i>	Maguey pulquero	SAR	AP	En			LC	Uso Textil y bebidas
	3	<i>Echeandia flavescens</i>	Coyamol		AP	En			LC	Maleza
	4	<i>Nolina parviflora</i>	Palma soyate	SAR	AP	En				
	5	<i>Yucca filifera</i>	Palmita pita	SAR	AP	En				Ornamental
Asteraceae	6	<i>Ageratina glabrata</i>	Chamisa	SAR		En				Maleza, usado en herbolaria
	7	<i>Isocoma veneta</i>	Falsa damiana	SAR	AP	En				Maleza
	8	<i>Packera bellidifolia</i>	Lechuguilla	SAR		En				
	9	<i>Pittocaulon praecox</i>	Palo loco	SAR		En				
	10	<i>Stevia aschenborniana</i>	Totocanxihuitl	SAR	AP	En				
Cactaceae	11	<i>Cylindropuntia tunicata</i>	Abrojo	SAR	AP			II	LC	
	12	<i>Mammillaria discolor</i>	Biznaga	SAR		En		II	LC	Ornamental
	13	<i>Mammillaria karwinskiana</i>	Biznaga de Karwinski	SAR	AP	En		II	LC	Ornamental
	14	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga espina solitaia	SAR	AP	En		II	LC	Ornamental
	15	<i>Mammillaria rhodantha</i>	Biznaga flores rosadas	SAR	AP	En		II	LC	Ornamental
	16	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nopal de castilla		AP			II		Comestible, frutal
	17	<i>Opuntia pubescens</i>	Tetencholete		AP			II	LC	Utilizada para separar terrenos, cercos
	18	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	SAR	AP	En		II	LC	
	19	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	SAR	AP	En		II	LC	

Familia	No.	Especies	Nombre común	Sitio		Endem.	NOM-059	CITES	IUCN	Otro
Cupressaceae	20	<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco	SAR	AP		Pr		LC	Medicinal, ornamental, construcción y reforestación
Fagaceae	21	<i>Quercus frutex</i>	Encino comalillo	SAR		En				Maderable
	22	<i>Quercus rugosa</i>	Encino quiebra hacha		AP	En				Maderable
	23	<i>Quercus scytophylla</i>	Encino blanco	SAR		En				Maderable
Lamiaceae	24	<i>Salvia prunelloides</i>	Salvia	SAR	AP	En				
Pinaceae	25	<i>Abies religiosa</i>	Oyamel	SAR		En			LC	No maderable, uso como árbol de navidad
	26	<i>Pinus greggii</i>	Pino prieto	SAR	AP	En			VU	Maderable
	27	<i>Pinus leiophylla</i>	Ocote chino	SAR	AP	En			LC	Maderable
	28	<i>Pinus patula</i>	Ocote colorado	SAR		En			LC	Maderable
Poaceae	29	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra	SAR		En				Maleza
	30	<i>Muhlenbergia macroura</i>	Zacatón	SAR	AP	En				
Scrophulariaceae	31	<i>Buddleja parviflora</i>	Sayolisco	SAR		En				

SAR (Sistema Ambiental Regional), AP (Área de Proyecto), En (Endémica), Pr (Especie Prioritaria), LC (Bajo en preocupación), VU (Vulnerable). II (Apéndice II de CITES).

#### IV.3.2.2. Fauna

##### A) Aspectos zoogeográficos

#### **Aspectos fitogeográficos**

##### *Regiones y provincias mastogeográficas*

Con el fin de ubicar las áreas de importancia faunística más cercanas al SAR, se realizó un análisis de la información reportada por la CONABIO, en donde se establece que el SAR se ubican en la Región Neártica dentro de dos provincias, la Sierra Madre Oriental y la Volcánico-Transversal, mientras que el AP únicamente se ubica en la Provincia Sierra Madre Oriental, según la regionalización de Ramírez y Castro (1990) (Mapa IV.25).

Cabe mencionar que, el criterio de regionalización se basa en un análisis multivariado de agrupamiento utilizado como unidades taxonómicas operacionales, registrando la presencia o ausencia de cada una de las especies de mamíferos conocidas.

##### *Provincias herpetofaunísticas*

De acuerdo a la regionalización de Casas y Trujillo (1990), el territorio mexicano se divide en 15 provincias bióticas, basado en la presencia de reptiles y anfibios. En el Mapa IV.26 se observa la ubicación del SAR y el AP dentro de la Provincia herpetofaunística Eje Neovolcánico, misma que se encuentra a un costado de las Provincias Sierra Madre Oriental y Veracruzana.

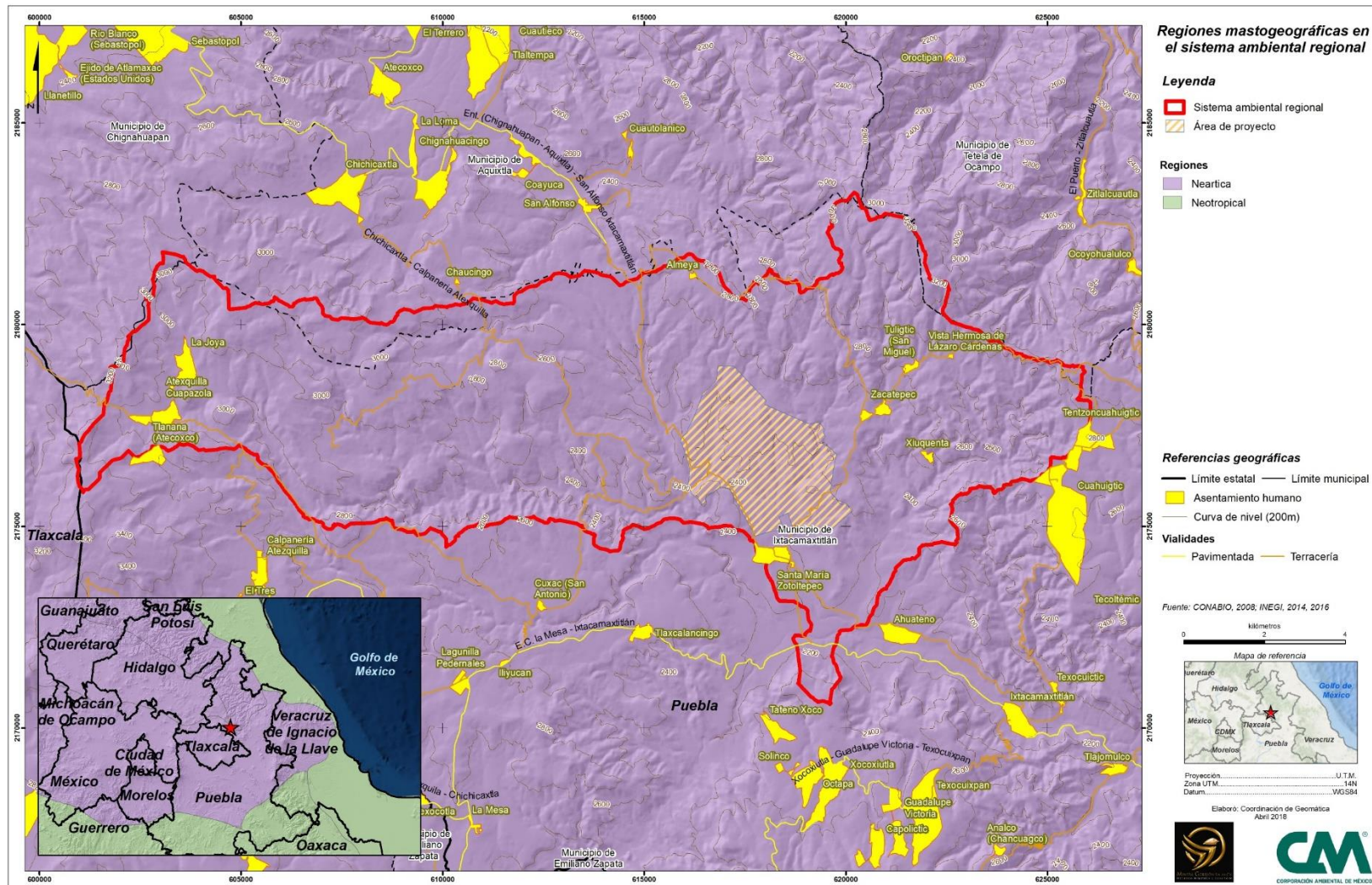
##### *Áreas de importancia para la Conservación de Aves (AICA)*

De igual forma se superpusieron las áreas de las AICAs con las del SAR y AP, y se determinó que ninguna incide de forma directa en el SAR o AP, no obstante, las más cercanas son las siguientes: La Malinche a 27 km al sur, y mas alejadas la Subcuenca Tecocomulco y Cuetzalan (véase Mapa IV.27).

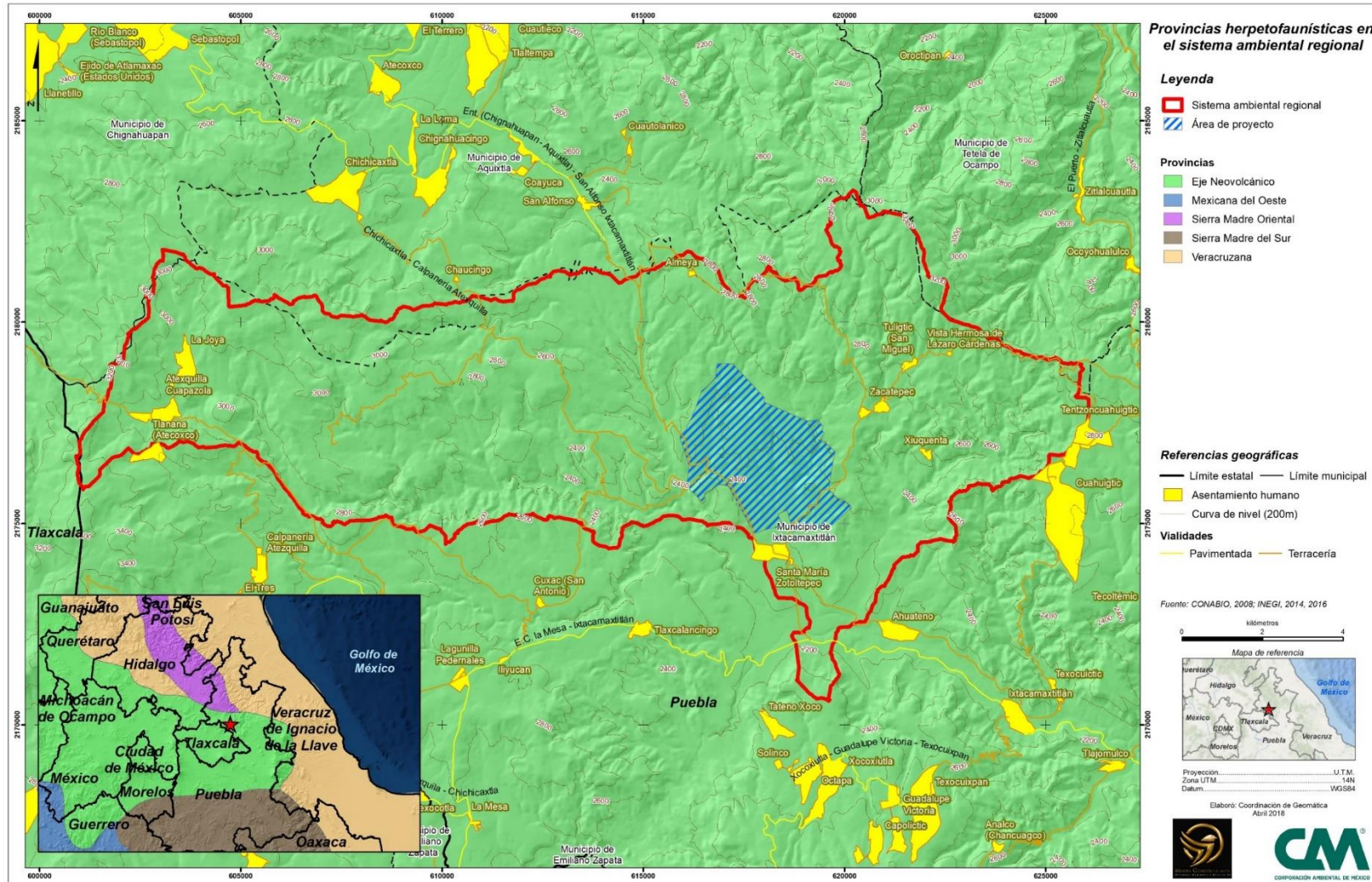
##### *Sitios Ramsar*

Los Sitios Ramsar son aquellas zonas en donde el agua es el principal factor que controla el ambiente, así como la vegetación y la fauna asociada, es por ello que son ecosistemas estratégicos y de gran importancia para conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas. Así mismo son fundamentales para el equilibrio ecológico ya que son el hábitat de diferentes especies de fauna y flora. Según la Comisión Nacional de Área Naturales Protegidas (CONANP), hasta el 2014 se han contabilizado 142 sitios Ramsar en el país.

Dentro del SAR y del AP no se tiene la presencia de algún sitio Ramsar; los más cercanos al SAR son: presa de Atlangatepec 17 km al suroeste en el municipio de Atlangatepec en el Estado de Tlaxcala, al noroeste la Laguna de Tecocomulco, ubicado en el municipio de Apan en Hidalgo; y el Sistema de Represas y Corredores biológicos de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, en los municipios de Acaxochitlán, Huachinango y Juan Galindo, entre los estados de Puebla e Hidalgo (véase Mapa IV.28).

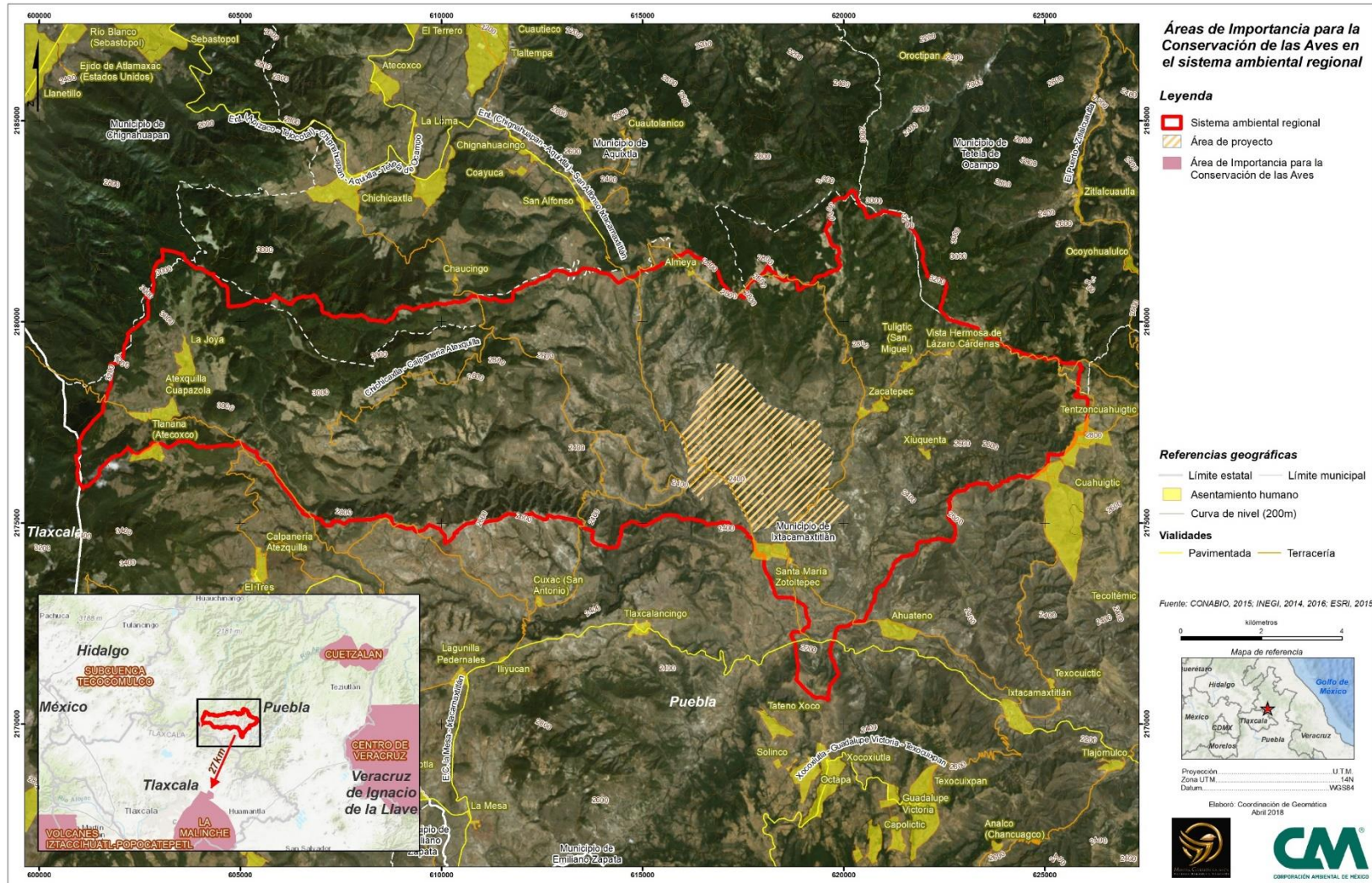


Mapa IV.25. Regiones mastogeográficas en el SAR

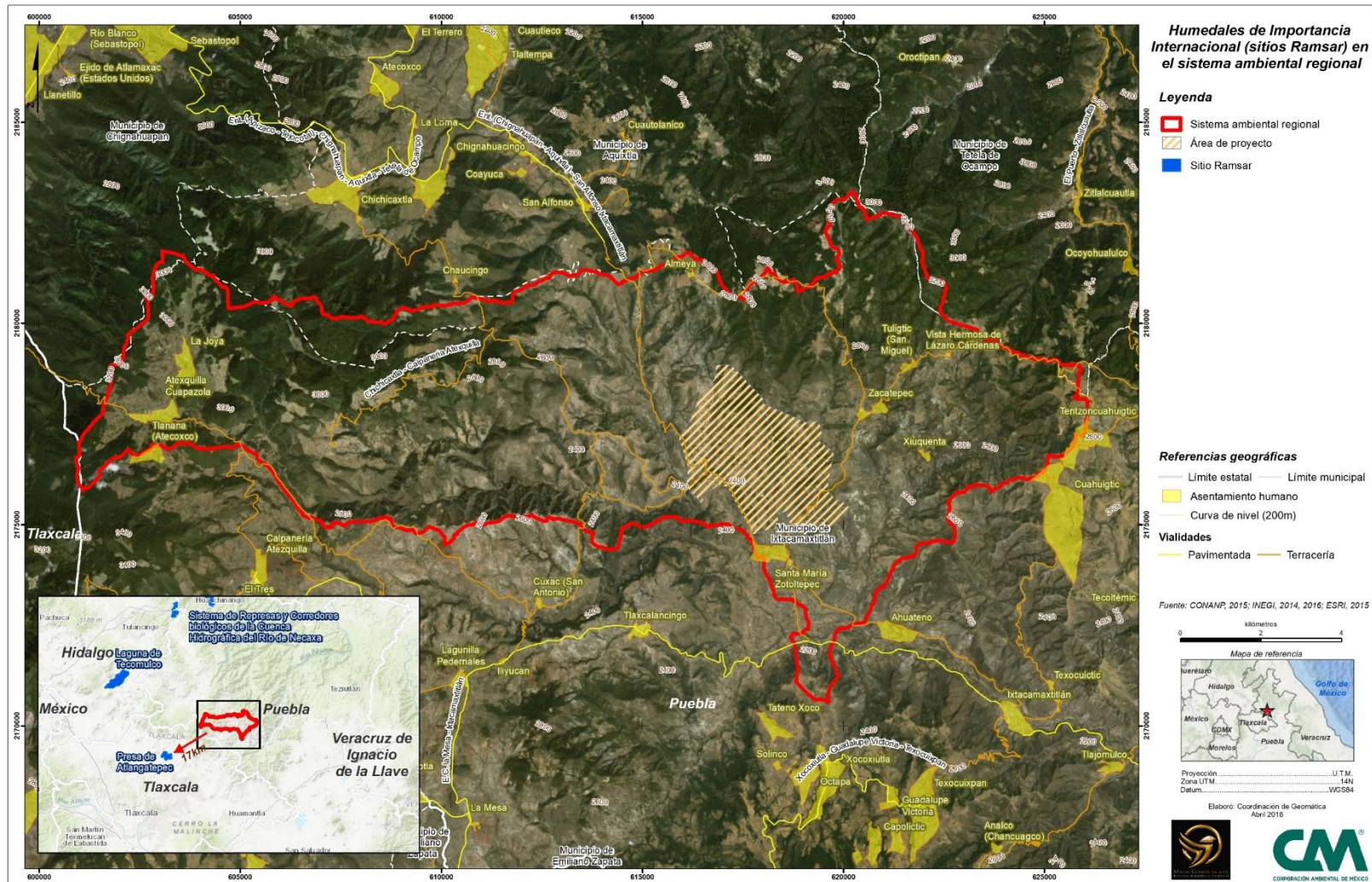


Mapa IV.26. Provincias herpetofaunísticas en el SAR





Mapa IV.27. Áreas de importancia para la Conservación de las Aves en el SAR.



Mapa IV.28. Humedales de Importancia Internacional cercanos al SAR.

## Metodología de captura y muestreo.

### *Búsqueda bibliográfica y consulta de bases de datos*

Previo al inicio del trabajo de campo, se revisó exhaustivamente literatura que compila la información para el Estado de Puebla para elaborar listados iniciales de las especies de vertebrados terrestres que potencialmente se distribuyen en el área de estudio (ver **Anexo IV.1** Lista sistemática de especies potenciales). Estos listados fueron depurados considerando: tipo de vegetación, altitud y distribución de las especies en los diferentes ambientes. Además de la literatura consultada se empleó la información proveniente de las bases de datos libres en línea y de la CONABIO (Arita y Rodríguez, 2004).

### *Trabajo de campo*

Los trabajos de campo se realizaron en dos temporadas, del 02 al 07 de noviembre de 2015 (secas)<sup>16</sup> y del 23 de agosto al 01 de septiembre de 2017 (lluvias); este se desarrolló a diferentes altitudes y en los principales tipos de vegetación presentes tanto en el SAR como en el AP

### *Herpetofauna*

Se realizaron “recorridos al azar en transectos de línea” para registrar anfibios y reptiles, cubriendo los diferentes horarios de actividad de estos vertebrados (Llorente-Bousquets et al. 1990, Casas-Andreu et al. 1991).

En cada transecto se revisaron los posibles microhábitats en que se conoce pueden habitar las especies de anfibios y reptiles (sobre y bajo de rocas, debajo de troncos, entre cortezas, debajo de hojarasca, en árboles, dentro de cuerpos de agua, entre grietas de rocas, etc), (Figura IV.16).

Una vez ubicados los individuos, fueron capturados a través de métodos estándares para cada grupo: ranas, lagartijas y serpientes no venenosas fueron capturadas con la mano; en algunas ocasiones fue necesario el empleo de ligas para capturar lagartijas y gancho herpetológico para víboras venenosas. Se fotografiaron y registraron las diferentes especies capturadas. Todo el material fotográfico fue utilizado para la identificación y verificación de los registros visuales (ver **Anexo IV.2** Fotografías de especies de fauna registradas). Finalmente, para la determinación taxonómica de las especies se recurrió a literatura especializada.

---

<sup>16</sup> Trabajo de campo realizado por otro consultor. Los registros no fueron considerados en los análisis cuantitativos de riqueza y diversidad.



Toma de registros fotograficos de anfibios



Recorridos nocturnos para buscar anfibios y reptiles



Búsqueda de reptiles entre la vegetación



Uso de polainas

*Figura IV.16 Registro de herpetofauna en Ixtacamaxtitlan.*

### *Mastofauna*

En el caso de los mamíferos, se emplearon los métodos convencionales para su registro (Romero-Almaraz *et al.* 2000): redes de niebla para murciélagos, trampas Sherman para roedores, así como trampas-cámara, y técnicas indirectas de registro para especies medianas y grandes.

Con el propósito de determinar la riqueza de murciélagos se utilizaron redes de niebla de 9 y 12 metros de largo para la captura y registro de ejemplares, éstas fueron situadas en cuerpos de agua dentro del SAR.

Para los roedores, se optó por el uso de trampas tipo Sherman cebadas con avena; las trampas se dispusieron de manera uniforme en una línea a lo largo del transecto, con la intención de cubrir diferentes condiciones topográficas y tipos de vegetación de la región; se ocuparon dos transectos por noche, cada uno de 30 trampas.

Para las especies de mamíferos de talla mediana y grande se emplearon dos métodos: trampas-cámara y técnicas de rastreo, con el objetivo de registrar a mamíferos de hábitos crepusculares y/o nocturnos. Las trampas-cámara se colocaron cerca de madrigueras o cuerpos de agua o sobre

veredas. Se rastreó todo vestigio, señal o indicio dejado por estos mamíferos durante sus actividades: huellas, excretas, etc. Durante cada una de las actividades se tomaron fotografías a las especies de mamíferos capturadas u observadas, así como de algunos rastros. Todo el material fotográfico se utilizó para la correcta determinación y verificación de los registros (Figura IV.17).



Colocación de redes de niebla



Observación de aves



Registro fotográfico

*Figura IV.17 Registro de mastofauna en Ixtacamaxtitlán*

Por otra parte, la identificación de las especies en el caso de los quirópteros se realizó de acuerdo con las claves de Álvarez et al (1994) y Medellín et al. (1997, 2008), mientras que la de mamíferos pequeños se basó en el trabajo de Hall (1981) y los registros indirectos mediante las guías de Aranda (2000, 2012).

### *Ornitofauna*

El método utilizado para el registro de aves es el denominado como “Búsqueda intensiva” descrita en Ralph et al. (1996) que consiste en efectuar una serie de censos en transecto que el observador recorre por completo en busca de aves, de esta forma los cantos o llamados que no resulten familiares son menos problemáticos, ya que el ave puede ser buscada e identificada visualmente si es necesario. Además, este método aumenta la probabilidad de detección de aquellas especies particularmente inconspicuas o silenciosas.

La identificación se llevó a cabo mediante el uso de binoculares 9 x 25 y con la ayuda de guías de campo especializadas (Peterson y Chaliff 1989, Howell y Webb 1995, National Geographic Society

2000). Por las noches se realizaron caminatas para registrar mediante el llamado, especies vespertinas y/o nocturnas como es el caso de estrígidos (búhos) y caprimúlgidos. También se emplearon redes ornitológicas para la captura de ejemplares. Todo el material fotográfico fue utilizado para la identificación y verificación de los registros visuales (Figura IV.18).



Colocación de trampas Sherman



Identificación de mastofauna



Rastreo de mastofauna.



Colocación de trampas Tomahawk



Colocación de redes para la captura de murciélagos



Colocación de fototampas

Figura IV.18 Registro de ornitofauna en Ixtacamaxtitlán

### *Composición taxonómica*

La composición taxonómica para la región se generó por grupos de vertebrados (Anexo IV.1 Lista sistemática de especies potenciales); para los anfibios y reptiles presentes en el área de estudio se organizó con base en las propuestas de Flores-Villela (1993), Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004), Liner (2007), y Pyron y Wiens (2011). En cuanto a los mamíferos, se conformó de acuerdo con Ramírez-Pulido et al. (2014) y Wilson y Reeder (2005). Finalmente, para la lista sistemática de las aves se siguió a The American Ornithologists' Union (AOU, 1998) y adendas hasta la fecha. El endemismo para cada una de las especies se obtuvo a partir de Flores-Villela y Gerez (1994), y las categorías de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN y CITES.

### *Análisis de diversidad: riqueza y diversidad*

La información considerada para los análisis cuantitativos de riqueza y diversidad corresponde a la información generada durante la temporada de lluvias. La información generada del trabajo de campo de la época seca se utilizó para el análisis cualitativo de riqueza de las especies. Con la información de estos trabajos se generó una lista de especies de vertebrados presentes dentro y fuera del AP. Esta lista incluyó el número de individuos observados para cada especie por grupo de vertebrados, así como aquellas especies que se encuentran listadas bajo algún estatus de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Lista de especies prioritarias para la conservación<sup>17</sup>, en la lista roja de IUCN, y en los Apéndices del CITES.

Para evaluar el esfuerzo de muestreo y la incidencia probable de otras especies dentro del AP, se generaron curvas de acumulación de especies ajustadas al estimador de riqueza Chao2 corregido, así como los modelos logarítmicos y modelo exponencial, utilizando el programa Species Accumulation. El estimador de riqueza Chao2 utiliza matrices de presencia-ausencia de especies en muestras (en este caso transectos por ambiente). Este estimador permite calcular la riqueza "total" de especies que podría distribuirse en un área determinada basándose en la fauna ya muestreada e incluyendo aquella que no está presente en ninguna muestra.

### *Curvas de acumulación*

Para determinar la riqueza potencial del SAR por grupo de vertebrados, se estimó con base en las especies observadas por día, y mediante el programa Species Accumulation se obtuvo el número de especies esperadas de acuerdo a los ajustes con el modelo logarítmico y modelo exponencial.

## **Resultados**

En el SAR y AP se registraron 117 especies, que corresponden a seis (6) anfibios, 15 reptiles, 25 mamíferos y 71 aves; distribuidas en 16 órdenes y 45 familias.

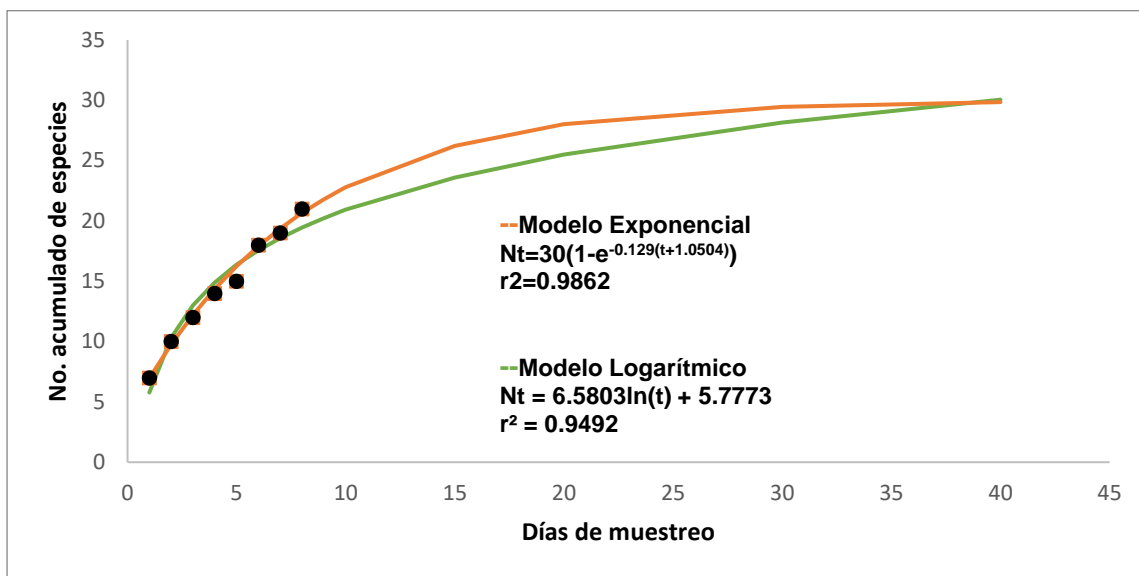
Del total de especies registradas 27 presentan algún nivel de endemismo, 12 especies se encuentran en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De acuerdo con tratados internacionales, tres (3) especies en la Lista de especies prioritarias para la conservación, seis (6) especies se hallan dentro del Apéndice II de CITES y una (1) en el Apéndice III, y 36 especies conforme a UICN, una (1) especie se encuentran en categoría de vulnerable (VU), dos (2) especies

---

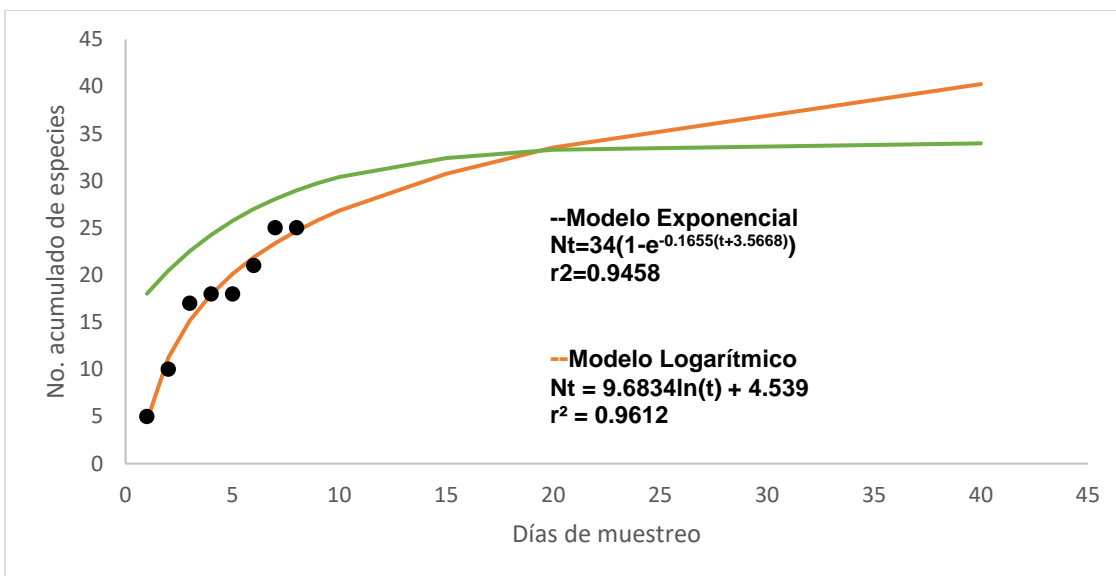
<sup>17</sup> ACUERDO por el que se da a conocer la lista de especies prioritarias y poblaciones prioritarias para la conservación.

en categoría cercana a amenazada (NT) y el resto en y el resto (33) en categoría de Preocupación menor (LC).

En las tres curvas de acumulación de especies, con base en los días de muestreo, se observa una clara tendencia a alcanzar la asíntota al octavo día (Figura IV.19) o al menos obtener el 70% de representatividad del total de especies esperadas como en el caso de la herpetofauna (ver gráfica a), 73% en la mastofauna, ver grafica b) y 88% en la ornitofauna, ver gráfica c), lo anterior demuestra que no se considera necesario aumentar el esfuerzo de muestreo en campo.

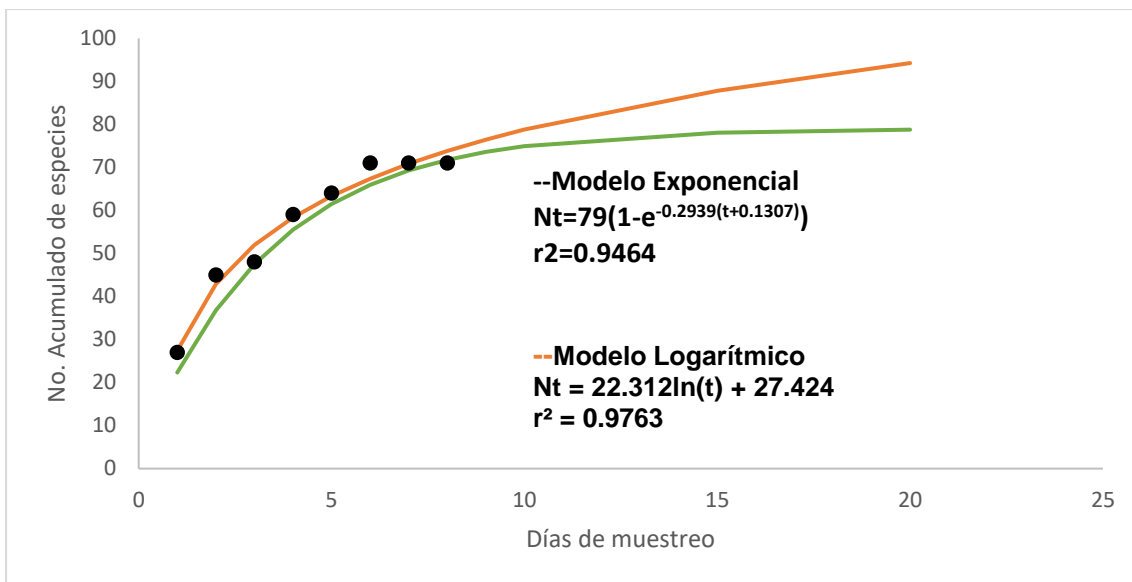


a) Herpetofauna



b) Mastofauna





c) Ornitofauna

Figura IV.19 Curvas de acumulación de la colecta de fauna en Ixtacamaxtitlan

Fauna presente en el SAR

**Herpetofauna en el SAR**

En la siguiente Tabla IV.43, se muestra la ubicación de los transectos realizados para la obtención de registros de la herpetofauna (ubicación inicial y ubicación final). En el Mapa IV.29 se pueden observar la ubicación de los registros de herpetofauna.

Tabla IV.43. Transectos de colecta para herpetofauna en el SAR y AP

Transectos	Coordenadas UTM		AP/SAR	Vegetación
	X	Y		
1	618781	2176045	AP	BJ
	619186	2176427		
2	607500	2177766	SAR	BP
	607286	2178939		
3	613698	2175780	SAR	BJ
	612438	2176055		
4	612282	2176002	SAR	BJ
	611492	2176039		
5	613249	2177689	SAR	BJ
	614274	2177743		
6	608824	2179537	SAR	BP
	608479	2179111		

Transectos	Coordenadas UTM		AP/SAR	Vegetación
	X	Y		
7	617559	2176809	AP	VSA/BJ
	616906	2176204		
8	623930	2178276	SAR	BP
	623706	2178850		
9	618416	2175999	AP	BJ
	618568	2177093		
10	620529	2174301	SAR	AT
	620095	2173261		
11	616447	2178195	AP	BJ
	617185	2178125		

BP (Bosque de Pino), BJ (Bosque de Táscate), VSABJ (Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Táscate), AT (Agricultura de Temporal).

La herpetofauna del SAR esta representada por 21 especies, seis (6) especies de anfibios y 15 especies de reptiles (véase Tabla IV.44), donde los organismos que se pueden observar con mayor facilidad dada su abundancia son *Sceloporus mucronatus*, *Incilius occidentalis*, *Lithobates montezumae* *Sceloporus jalapae* y *Crotalus ravus*.

El índice de Simpson es bajo con 0.16 indicando la existencia dominancia dentro del grupo debido a los registros de *Sceloporus macronatus*. La diversidad es media con  $H' = 2.3$  con una equidad media a alta  $J = 0.77$  gracias a que el resto de las especies se presenta en densidades homogéneas entre si.

Tabla IV.44. Análisis de diversidad para la herpetofauna del SAR.

Herpetofauna	N	pi	pi <sup>2</sup>	-pi*lnpi
<i>Aquiloerycea cephalica</i>	2	0.01	0.0002	0.06
<i>Barisia imbricata</i>	1	0.01	0.00005	0.03
<i>Chiropterotriton orculus</i>	3	0.02	0.0004	0.08
<i>Conopsis lineata</i>	2	0.01	0.0002	0.06
<i>Crotalus ravus</i>	14	0.10	0.01	0.23
<i>Drymarchon melanurus</i>	1	0.01	0.00005	0.03
<i>Dryophytes arenicolor</i>	5	0.03	0.001	0.12
<i>Dryophytes eximius</i>	1	0.01	0.00005	0.03
<i>Incilius occidentalis</i>	16	0.11	0.01	0.25
<i>Lithobates montezumae</i>	15	0.10	0.01	0.24
<i>Plestiodon lynxe</i>	1	0.01	0.00005	0.03
<i>Salvadora bairdi</i>	1	0.01	0.00005	0.03
<i>Sceloporus bicanthalis</i>	2	0.01	0.0002	0.06
<i>Sceloporus grammicus</i>	1	0.01	0.00005	0.03
<i>Sceloporus jalapae</i>	15	0.10	0.01	0.24
<i>Sceloporus megalepidurus</i>	3	0.02	0.0004	0.08
<i>Sceloporus microlepidotus</i>	4	0.03	0.001	0.10
<i>Sceloporus mucronatus</i>	47	0.33	0.11	0.37

Herpetofauna	N	pi	pi <sup>2</sup>	-pi*lnpi
<i>Sceloporus spinosus</i>	5	0.03	0.001	0.12
<i>Thamnophis pulchrilatus</i>	4	0.03	0.001	0.10
<i>Phrynosoma orbiculare</i> *	-	-	-	-
<b>Total</b>	143	1.00	0.16	2.30
<b>S</b>	20.00		<b>H'</b>	2.30
<b>I</b>	0.16		<b>Hmax</b>	3.00
<b>1-I</b>	0.84		<b>J</b>	0.77

N. Número de individuos registrados, pi: proporción de la especie i, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi\*lnpi: algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, 1-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou, \*esta especie se registró en la época de secas, por lo que se considera para el análisis de de riqueza de forma cualitativa (presencia).

En cuanto a la distribución geográfica, tenemos 16 especies endémicas (Tabla IV.45).

En cuanto al estatus de conservación siete (7) especies se encuentran mencionadas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, de ellas cinco (5) consideradas en protección especial (Pr) como son: *Lithobates montezumae*, *Barisia imbricata*, *Sceloporus grammicus*, *Plestiodon lynxe* y *Salvadora bairdi*. dos (2) especies en categoría de amenazadas (A) como son: *Aquiloerycea cephalica*, y *Crotalus ravus*. Tres especies (3) se encuentran mencionadas también en la red list de la IUCN, una (1) en categoría de cercana a amenaza (NT) (*Aquiloerycea cephalica*) y una (1) en categoría vulnerable (VU) como son *Chiropterotriton orculus*, y (13) las restantes como baja en preocupación (LC).

Tabla IV.45. Estatus de riesgo y endemismo de las especies de la herpetofauna en el SAR.

Clase	Orden	Familia	Especie	Endemismo	NOM_059	CITES	IUCN RedList
Amphibia	Anura	Bufonidae	<i>Chiropterotriton orculus</i>	En	-	-	VU
Amphibia	Anura	Bufonidae	<i>Incilius occidentalis</i>	En	-	-	LC
Amphibia	Caudata	Plethodontidae	<i>Aquiloerycea cephalica</i>	En	A	-	NT
Amphibia	Anura	Ranidae	<i>Lithobates montezumae</i>	En	Pr	-	LC
Reptilia	Squamata	Anguidae	<i>Barisia imbricata</i>	En	Pr	-	LC
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Conopsis lineata</i>	En	-	-	LC
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Salvadora bairdi</i>	En	Pr	-	LC
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Thamnophis pulchrilatus</i>	En	-	-	LC
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus bicanthalis</i>	En	-	-	LC
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus grammicus</i>	-	Pr	-	LC
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus jalapae</i>	En	-	-	LC
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus mucronatus</i>	En	-	-	LC
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus spinosus</i>	En	-	-	LC
Reptilia	Squamata	Scincidae	<i>Plestiodon lynxe</i>	En	Pr	-	LC
Reptilia	Squamata	Viperidae	<i>Crotalus ravus</i>	En	A	-	LC
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma orbiculare</i>	En	A	-	LC

En: Endémica, Pr: Protección especial, A: Amenazada, LC: baja preocupación, NT: Cercana a amenaza, VU: Vulnerable.

## Mastofauna en el SAR

En la siguiente Tabla IV.46, se enlistan las coordenadas UTM de ubicación de los transectos para la realización de trampeos y colocación de redes y fototrampas para mamíferos.

Estas ubicaciones se pueden observar en el Mapa IV.30. Mastofauna registrada en SAR y AP.

*Tabla IV.46. Transectos de colecta para Mastofauna en el SAR y AP*

Transectos	Coordenadas UTM		AP/SAR	Vegetación
	X	Y		
TM1inicio	618781	2176045	AP	BJ
TM1final	619186	2176427	AP	BJ
TM2inicio	607496	2177770	SAR	BP
TM2final	607242	2178966	SAR	BP
TM3inicio	613703	2175779	SAR	BJ
TM3final	612496	2176074	SAR	BJ
TM4inicio	612391	2176038	SAR	BJ
TM4final	611498	2176045	SAR	BJ
TM5inicio	613299	2177819	SAR	BJ
TM5final	614263	2177743	SAR	BJ
TM6inicio	608822	2178536	SAR	BP
TM6final	608479	2179111	SAR	BP
TM7inicio	617476	2176778	AP	BJ
TM7final	619511	2176645	AP	BJ
TM8inicio	623930	2178280	SAR	BPQ
TM8final	623461	2179192	SAR	BPQ
TM9inicio	618431	2175991	AP	BJ
TM9final	618250	2176924	AP	BJ
TM10inicio	620534	2174299	SAR	AT
TM10final	619944	2173108	SAR	AT
TM11inicio	616471	2178196	AP	BJ
TM11final	617390	2177372	AP	BJ
TM12inicio	607502	2177775	SAR	BP
TM12final	607444	2177819	SAR	BP
TM13inicio	618727	2176032	AP	BJ
TM13final	619350	2176091	AP	BJ
TM14inicio	618640	2175942	AP	AT
TM14final	618708	2174963	AP	AT
TM15inicio	620657	2174306	SAR	AT
TM15final	618112	2173950	SAR	AT
TM16inicio	616038	2176071	SAR	AT
TM16final	615640	2175922	SAR	AT
TM17inicio	616150	2176151	AP	AT
TM17final	617086	2176118	AP	AT
TM18inicio	619389	2175910	AP	PI
TM18final	619391	2175835	AP	PI
Fototrampa1	619179	2176343	AP	BJ
Fototrampa2	607546	2178045	SAR	BP
Fototrampa3	611866	2176148	SAR	BJ

Transectos	Coordenadas UTM		AP/SAR	Vegetación
	X	Y		
Fototrampa4	608492	2178619	SAR	BP
Trampa Tomahawk1	613507	2175640	SAR	BJ
Trampa Tomahawk2	617364	2176658	AP	AT
Trampa Tomahawk3	620438	2174039	SAR	AT
Red1	607502	2177777	SAR	BP
Red2	607444	2177819	SAR	BP
Red3	618810	2176017	AP	BJ
Red4	618786	2176023	AP	BJ
Red5	620665	2174304	SAR	TA
Red6	620665	2174304	SAR	AT
Red7	616174	2175578	SAR	BJ
Red8	616038	2176071	SAR	AT
Red9	619071	2175961	AP	PI
Red10	619389	2175910	AP	PI

BP: Bosque de Pino, BJ: Bosque de Tásate, BPQ: Bosque de Pino Encino, AT: Agricultura Temporal, PI: Pastizal Inducido,

La mastofauna esta representada por 24 especies de las cuales el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) fueron las especies con más registros (ver Tabla IV.47).

Tabla IV.47. Análisis de diversidad de la mastofauna del SAR.

Mastofauna	N	pi	pi2	-pi*lnpi
<i>Bassariscus astutus</i>	24	0.23	0.05	0.34
<i>Canis latrans</i>	2	0.02	0.0004	0.08
<i>Conepatus leuconotus</i>	1	0.01	0.0001	0.04
<i>Dasyurus novemcinctus</i>	8	0.08	0.01	0.20
<i>Dermanura azteca</i>	1	0.01	0.0001	0.04
<i>Didelphis virginiana</i>	3	0.03	0.001	0.10
<i>Eptesiscus fuscus</i>	3	0.03	0.001	0.10
<i>Glaucomys volans</i>	1	0.01	0.0001	0.04
<i>Glossophaga soricina</i>	1	0.01	0.0001	0.04
<i>Mephitis macroura</i>	1	0.01	0.0001	0.04
<i>Mus musculus</i>	1	0.01	0.0001	0.04
<i>Myotis thysanodes</i>	1	0.01	0.0001	0.04
<i>Nasua narica</i>	3	0.03	0.001	0.10
<i>Otospermophilus variegatus</i>	3	0.03	0.001	0.10
<i>Peromyscus beatae</i>	3	0.03	0.001	0.10
<i>Peromyscus gratus</i>	5	0.05	0.002	0.14
<i>Peromyscus melanotis</i>	1	0.01	0.0001	0.04
<i>Peromyscus mexicanus</i>	1	0.01	0.0001	0.04
<i>Procyon lotor</i>	3	0.03	0.001	0.10
<i>Sciurus aureogaster</i>	5	0.05	0.002	0.14
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	5	0.05	0.002	0.14

Mastofauna	N	pi	pi <sup>2</sup>	-pi*lnpi
<i>Sylvilagus floridanus</i>	4	0.04	0.001	0.12
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	25	0.24	0.06	0.34
<i>Lepus callotis</i> *	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>105</b>	<b>1</b>	<b>0.13</b>	<b>2.52</b>
<b>S</b>	23.00		<b>H'</b>	2.52
<b>I</b>	0.13		<b>Hmax</b>	3.14
<b>1-I</b>	0.87		<b>J</b>	0.80

N. Número de individuos registrados, pi: proporción de la especie i, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi\*lnpi: algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, 1-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou, \*esta especie se registró en la época de secas, por lo que se considera para el análisis de de riqueza de forma cualitativa (presencia).

La diversidad se considera como media con H'=2.52 y una equidad regular alta gracias a la homogeneidad de las demás especies a excepción de la dominancia en observaciones de la zorra gris y el cacomixtle, situación irregular que denota un desequilibrio en la trama trófica debida a la presencia humana en la zona y sus actividades pecuarias.

En cuanto su distribución geográfica (Tabla IV.48), se reconocen a dos (2) especies endémicas, respecto al estatus de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Glaucomys volans* se encuentra en la categoría de Amenazada (A). por otra parte, una (1) especie considerada en el apéndice III de la CITES (*Nasua narica*) ambas también en la red list de la IUCN en la categoría de Preocupación menor (LC).

Tabla IV.48. Estatus de conservación y endemismo de la mastofauna del SAR.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN RedList
Mammalia	Rodentia	Sciuridae	<i>Glaucomys volans</i>	Ardilla voladora del sur	-	A	-	LC
Mammalia	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis thysanodes</i>	Miotis bordado	En	-	-	LC
Mammalia	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí	-	-	III	LC

Endem.: Endemismo, En: Endémica, Pr: Protección especial, A: Amenazada, III: Apéndice III de CITES LC: baja preocupación, NT: Cercana a amenaza, VU: Vulnerable.

### Ornitofauna en el SAR

En la siguiente Tabla IV.49 se muestran las coordenadas UTM de los transectos y puntos de observación, así como la colocación de las redes ornitológicas empleadas para el registro de la ornitofauna. En el Mapa IV.31 podemos observar la ubicación de estos sitios.

Tabla IV.49. Transectos de colecta para Ornitofauna en el SAR y AP

Fecha	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Vegetación	Transecto
	X	Y			
24-ago-17	618769	2176028	2245	BJ	T1 Inicio AP
24-ago-17	619216	2176496	2245	BJ	T1 Fin AP

Fecha	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Vegetación	Transecto
	X	Y			
27-ago-17	617478	2176775	2417	AT	T2 Inicio AP
27-ago-17	616930	2176272	2417	AT	T2 Fin AP
28-ago-17	618432	2175999	2285	BJ	T3 Inicio AP
28-ago-17	618228	2176867	2285	BJ	T3 Fin AP
28-ago-17	618757	2175868	2261	AT	RED 3 AP
28-ago-17	618786	2176023	2261	BJ	RED 4 AP
29-ago-17	616468	2178198	2476	BJ	T4 Inicio AP
29-ago-17	617240	2177778	2476	BJ	T4 Fin AP
24-ago-17	607495	2177850	2781	BP	T1 Inicio SA
24-ago-17	607315	2178927	2781	BP	T1 Fin SA
25-ago-17	613685	2175850	2324	BJ	T2 Inicio SA
25-ago-17	612730	2175979	2324	BJ	Fin T2 SA
25-ago-17	612389	2176037	2361	BJ	Inicio T3 SA
25-ago-17	611482	2175999	2361	BJ	T3 Fin SA
26-ago-17	613257	2177688	2502	AT	T4 Inicio SA
26-ago-17	614300	2177728	2502	AT	Fin T4 SA
26-ago-17	608809	2178525	2952	BP	Inicio T5 SA
26-ago-17	608514	2178957	2952	BP	Fin T5 SA
26-ago-17	607502	2177775	2778	BP	RED 1SA
26-ago-17	607444	2177819	2585	BP	RED 2SA
27-ago-17	623938	2178277	2724	BPQ	Inicio T6 SA
27-ago-17	623521	2179206	2724	BPQ	Fin T6 SA
29-ago-17	260530	2174302	2213	AT	Inicio T7 SA
29-ago-17	620144	2173328	2213	AT	Fin T7 SA
29-ago-17	620657	2174306	2213	AT	RED 5 SA
29-ago-17	620665	2174202	2213	AT	RED 6 SA
30-ago-17	616174	2175578	2311	BJ	RED 7 SA
30-ago-17	616038	2176071	2311	AT	RED 8 SA
31-ago-17	619071	2175961	2424	PI	RED 9 AP
31-ago-17	619389	2175910	2424	PI	RED 10 AP

BP: Bosque de Pino, BJ: Bosque de Tásate, BPQ: Bosque de Pino Encino, AT: Agricultura Temporal, PI: Pastizal Inducido.

Se registraron un total de 62 especies (Tabla IV.50), de las cuales *Hirundo rustica* es la más observada, dada la temporada de registro (lluvias) ya que es una especie migratoria. *Passer domesticus* y *Columba indica* son las especies más comunes de la región.

Tabla IV.50. Análisis de diversidad de la ornitofauna en el SAR.

Ornitofauna	N	pi	pi2	-pi*lnpi
<i>Aimophila rufescens</i>	6	0.03	0.001	0.09
<i>Anthus rubescens</i>	3	0.01	0.0002	0.05

<b>Ornitofauna</b>	<b>N</b>	<b>pi</b>	<b>pi2</b>	<b>-pi*lnpi</b>
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	11	0.05	0.002	0.14
<i>Basileuterus rufifrons</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Cardellina rubra</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Colibri thalassinus</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Columba livia</i>	5	0.02	0.0004	0.08
<i>Columbina inca</i>	16	0.07	0.004	0.18
<i>Contopus pertinax</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Empidonax minimus</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Empidonax occidentalis</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Eugenes fulgens</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Geococcyx velox</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Haemorhous mexicanus</i>	14	0.06	0.003	0.17
<i>Hirundo rustica</i>	18	0.08	0.01	0.19
<i>Hylocharis leucotis</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Icterus gradacauda</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Junco phaeonotus</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Lanius ludovicianus</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Melanerpes aurifrons</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Melanerpes formicivorus</i>	8	0.03	0.001	0.11
<i>Melanotis caerulescens</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Melospiza fusca</i>	3	0.01	0.0002	0.05
<i>Mimus polyglottos</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Myiarchus cinerascens</i>	3	0.01	0.0002	0.05
<i>Myioborus pictus</i>	6	0.03	0.001	0.09
<i>Nyctidromus albicollis</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Oreothlypis superciliosa</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Parkesia motacilla</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Passer domesticus</i>	19	0.08	0.01	0.20
<i>Passerculus sandwichensis</i>	5	0.02	0.0004	0.08
<i>Passerina caerulea</i>	4	0.02	0.0003	0.07
<i>Picoides scalaris</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Pipilo chlorurus</i>	6	0.03	0.001	0.09
<i>Pipilo maculatus</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Piranga ludoviciana</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Poecile sclateri</i>	5	0.02	0.0004	0.08
<i>Poliophtila caerulea</i>	12	0.05	0.003	0.15
<i>Psaltriparus minimus</i>	3	0.01	0.0002	0.05
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Rupornis magnirostris</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Saltator atriceps</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Sayornis nigricans</i>	3	0.01	0.0002	0.05
<i>Sayornis phoebe</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Setophaga coronata</i>	1	0.00	0.00002	0.02



<b>Ornitofauna</b>	<b>N</b>	<b>pi</b>	<b>pi<sup>2</sup></b>	<b>-pi*lnpi</b>
<i>Setophaga petechia</i>	3	0.01	0.0002	0.05
<i>Setophaga townsendi</i>	4	0.02	0.0003	0.07
<i>Spinus psaltria</i>	3	0.01	0.0002	0.05
<i>Spizella atrogularis</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Spizella passerina</i>	3	0.01	0.0002	0.05
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	17	0.07	0.01	0.19
<i>Streptopelia decaocto</i>	5	0.02	0.0004	0.08
<i>Thryomanes bewickii</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Toxostoma curvirostre</i>	6	0.03	0.001	0.09
<i>Turdus migratorius</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Tyrannus vociferans</i>	1	0.00	0.00002	0.02
<i>Vireo solitarius</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Zenaida asiatica</i>	2	0.01	0.0001	0.04
<i>Buteo jamaicensis</i>	-	-	-	-
<i>Camptostoma imberbe</i>	-	-	-	-
<i>Catherpes mexicanus</i>	-	-	-	-
<i>Sayornis saya</i>	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>239</b>	<b>1.00</b>	<b>0.04</b>	<b>3.61</b>
<b>S</b>	58.00		<b>H'</b>	3.61
<b>I</b>	0.04		<b>Hmax</b>	4.06
<b>1-I</b>	0.96		<b>J</b>	0.89

N. Número de individuos registrados, pi: proporción de la especie i, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, 1-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou, \*estas especies se registraron en la época de secas, por lo que se considera para el análisis de de riqueza de forma cualitativa (presencia)..

La diversidad registrada es alta como es costumbre para la ornitofauna, (H'= 3.61), con una equidad regular alta J=0.89 dada la homogeneidad de las abundancias del resto de las especies respecto a las pocas especies dominantes presentes (I=0.04).

En cuanto a la distribución geográfica y estatus de conservación (Tabla IV.51), se observaron a nueve (9) especies con algún grado de endemismo: cuatro (4) especies cuasiendémicas (CE), dos (2) especies semiendémicas (SE) y tres (3) especies endémicas (En).

De las especies registradas en el SAR ninguna de ellas se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

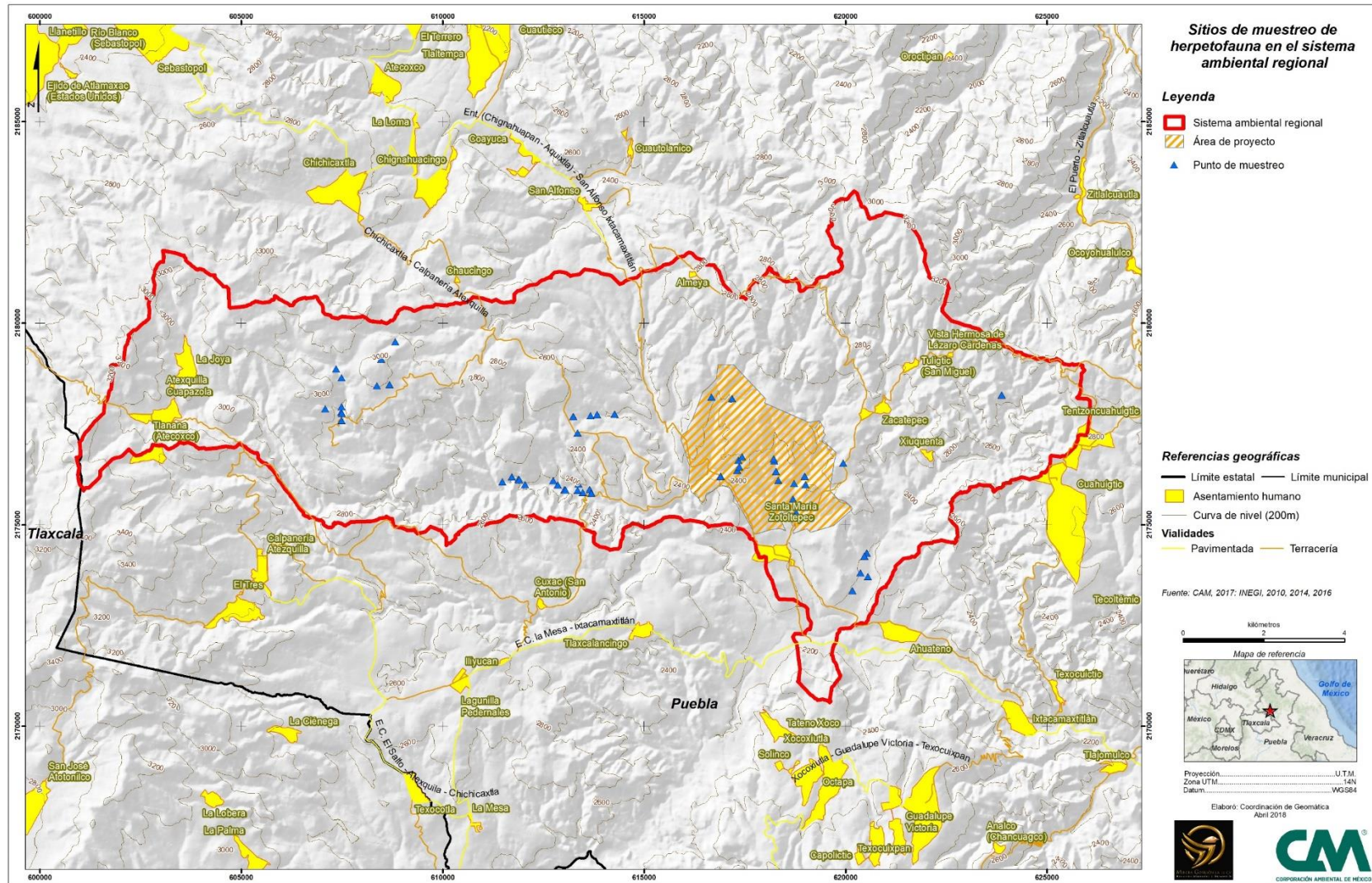
Cuatro (4) especies están consideradas en el apéndice II de la CITES (*Colibri thalassinus*, *Eugenes fulgens*, *Buteo jamaicensis* y *Hylocharis leucotis*).

Las 13 especies mencionadas en la Tabla IV.51, están consideradas por la IUCN red list, en categoría Preocupación menor (LC).

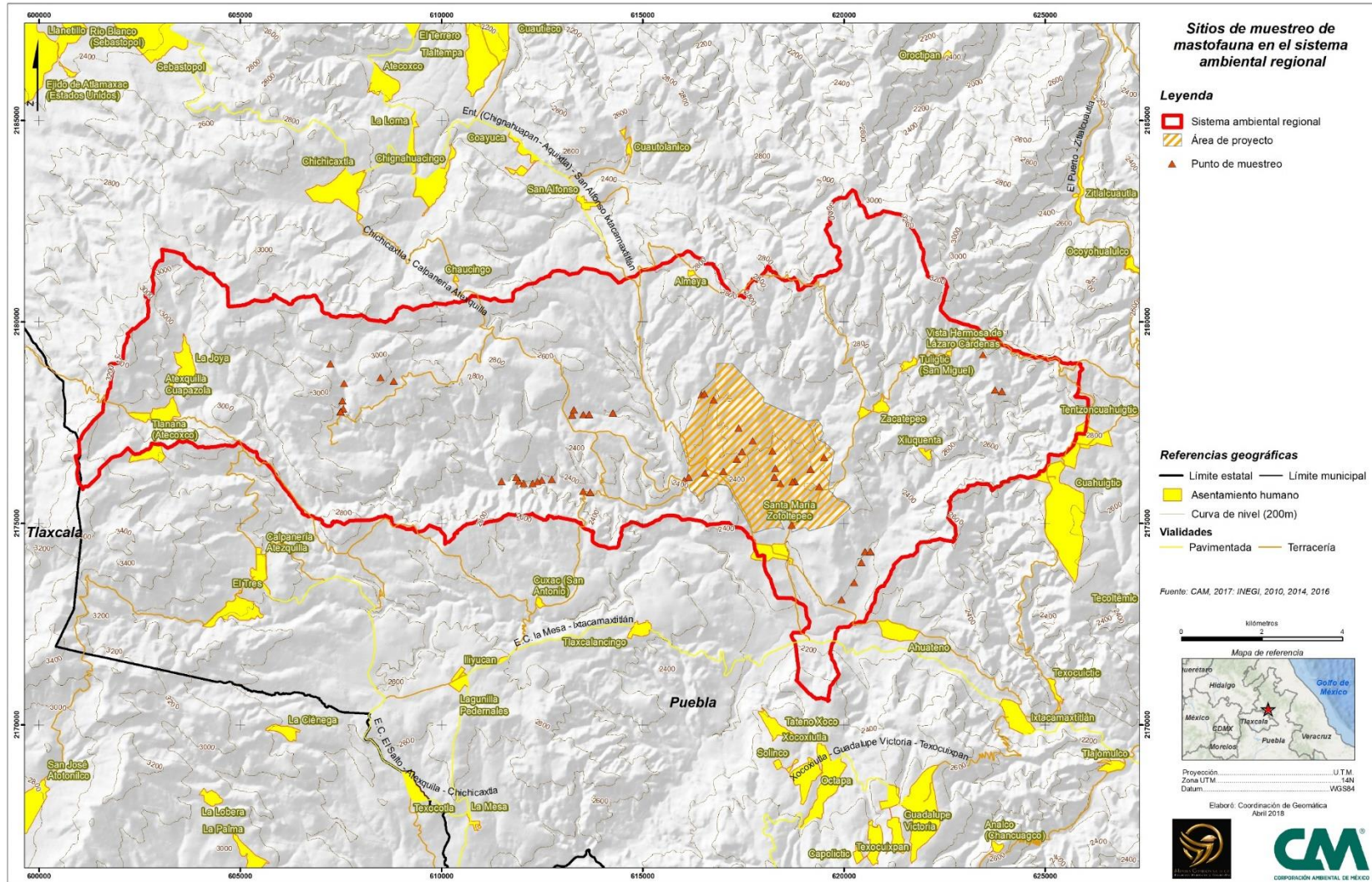
Tabla IV.51. Estatus de conservación y endemismo de la ornitofauna en el SAR.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Endem.	NOM 059	CITES	IUCN RedList
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja	-	-	II	LC
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri thalassinus</i>	Colibrí Orejas Violetas	-	-	II	LC
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí Magnífico	-	-	II	LC
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Hylocharis leucotis</i>	Zafiro Orejas Blancas	-	-	II	LC
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax occidentalis</i>	Papamoscas Amarillo Barranqueño	SE	-	-	LC
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano Chibíu	SE	-	-	LC
Aves	Passeriformes	Corvidae	<i>Aphelocoma ultramarina</i>	Chara Transvolcánica	En	-	-	LC
Aves	Passeriformes	Paridae	<i>Poecile sclateri</i>	Carbonero Mexicano	CE	-	-	LC
Aves	Passeriformes	Mimidae	<i>Melanotis caerulescens</i>	Mulato Azul	En	-	-	LC
Aves	Passeriformes	Passerellidae	<i>Junco phaeonotus</i>	Junco Ojos de Lumbre	CE	-	-	LC
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus graduacauda</i>	Calandria Capucha Negra	CE	-	-	LC
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe Gorra Canela	CE	-	-	LC
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Cardellina rubra</i>	Chipe Rojo	En	-	-	LC

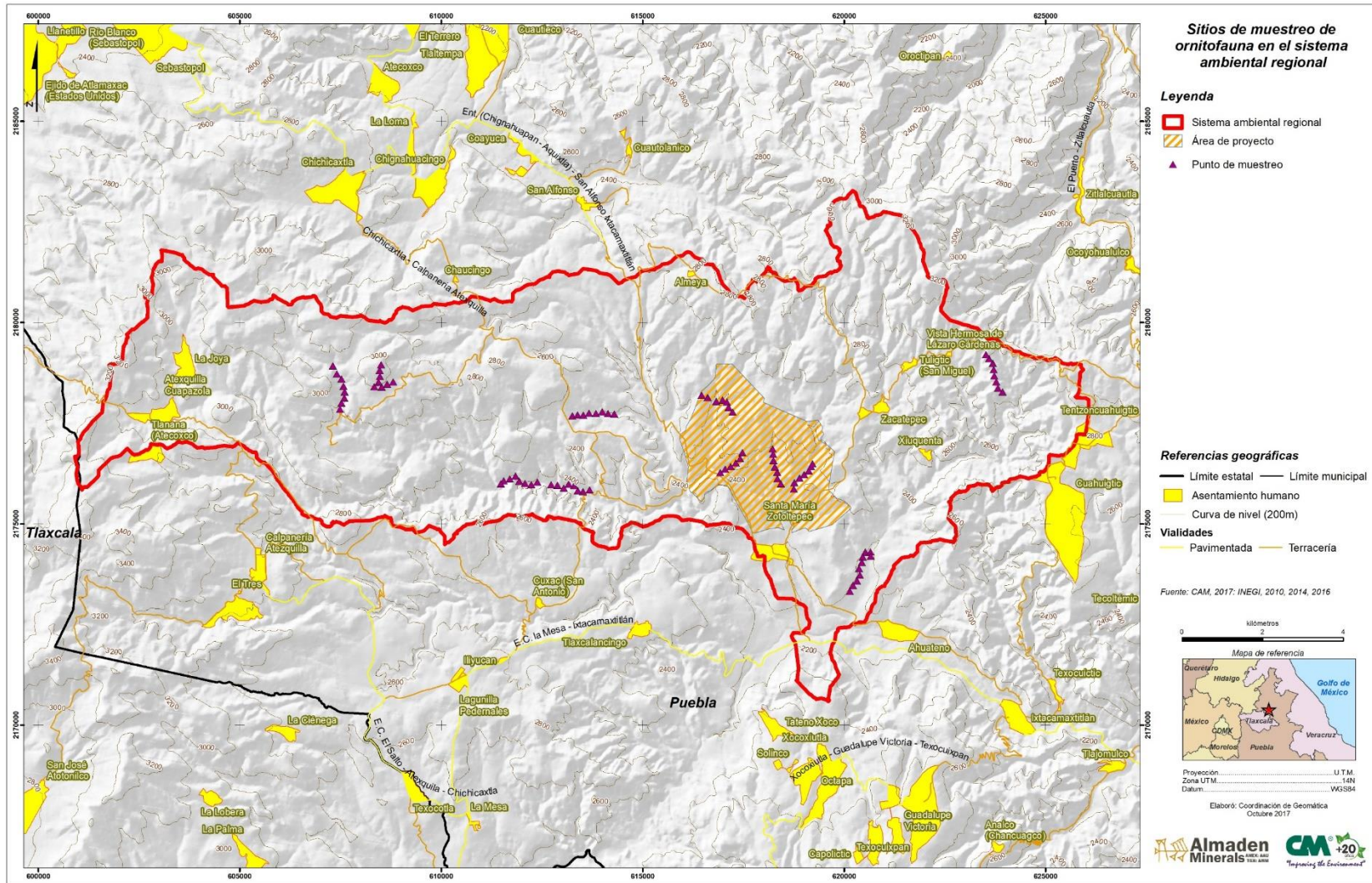
En: Endémica, CE: Cuasiendémica, SE: Semiendémica, Pr: Protección especial, A: Amenazada, III: Apéndice III de CITES  
 LC: baja preocupación, NT: Cercana a amenaza, VU: Vulnerable.



Mapa IV.29. Herpetofauna registrada en SAR y AP.



Mapa IV.30. Mastofauna registrada en SAR y AP.



Mapa IV.31. Ornitofauna registrada en SAR y AP.

## Fauna presente en el AP.

Las especies registradas en el AP se mencionan en la Tabla IV.59, donde encontramos 54 especies, de las cuales 16 tienen algún grado de endemismo, siete (7) se encuentran en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, cinco (5) especies en el Apéndice II de la CITES y dos (2) especies en categoría cercana a amenaza (NT) y 20 en Preocupación menor (LC) por la red list de la IUCN.

## Herpetofauna en el AP.

Los registros obtenidos de herpetofauna en el AP se pueden ver en el Mapa IV.29. Se tienen reportadas 10 especies donde la más característica por su abundancia es *Incilius occidentalis*, véase Tabla IV.52.

Tabla IV.52 Diversidad de la herpetofauna en el AP.

Herpetofauna	N	pi	pi <sup>2</sup>	-pi*(lnpi)
<i>Aquiloerycea cephalica</i>	4	0.06	0.0036	0.17
<i>Conopsis lineata</i>	6	0.09	0.01	0.22
<i>Crotalus ravus</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Dryophytes arenicolor</i>	2	0.03	0.001	0.10
<i>Incilius occidentalis</i>	29	0.43	0.19	0.36
<i>Lithobates montezumae</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Sceloporus jalapae</i>	6	0.09	0.01	0.22
<i>Sceloporus mucronatus</i>	10	0.15	0.02	0.28
<i>Sceloporus spinosus</i>	7	0.10	0.01	0.24
<b>Total Herpetofauna</b>	<b>67</b>	<b>1.00</b>	<b>0.24</b>	<b>1.78</b>
<b>S</b>	10.00		<b>H'</b>	1.78
<b>I</b>	0.24		<b>Hmax</b>	2.30
<b>1-I</b>	0.76		<b>J</b>	0.77

N. Número de individuos registrados, pi: proporción de la especie i, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi\*(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, 1-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

Las especies *Incilius occidentalis* y *Sceloporus mucronatus* son las especies con mayor abundancia y aportan cierto grado de dominancia, el resto de las especies se presentan bajas en abundancia por lo que le atribuyen mayor homogeneidad en contraparte. De aquí que la dominancia de Simpson se presente a 0.24 y la homogeneidad 1-I de 0.76. La diversidad es baja (H'=1.78) con una equidad alta (J=0.77) gracias a la homogeneidad de las abundancias.

Por otra parte, respecto a su distribución geográfica y estatus de riesgo se encontró que, nueve (9) especies se consideran endémicas (de las cuales ocho especies también se registraron en el SAR).

De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, tres (3) de ellas se consideran en categoría de amenazadas (A), *Aquiloerycea cephalica*, *Crotalus ravus* y *Phrynosoma orbiculare*, una (1) especie en protección especial (Pr), *Lithobates montezumae* (ver Tabla IV.53).

Una (1) especie se encuentra cercana a la amenaza (NT) según la red list de la IUCN (*Aquilaeurycea cephalica*), el resto de las especies se tienen en baja preocupación (LC).

Tabla IV.53 Especies de herpetofauna en AP y compartidas con SAR en algún estatus de riesgo

Especies	Endemismo	NOM-059	CITES	IUCN
<i>Aquilaeurycea cephalica</i>	En	A	-	NT
<i>Conopsis lineata</i>	En	-	-	LC
<i>Crotalus ravus</i>	En	A	-	LC
<i>Incilius occidentalis</i>	En	-	-	LC
<i>Dryophytes arenicolor</i>	-	-	-	-
<i>Lithobates montezumae</i>	En	Pr	-	LC
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	En	A	-	LC
<i>Sceloporus jalapae</i>	En	-	-	LC
<i>Sceloporus mucronatus</i>	En	-	-	LC
<i>Sceloporus spinosus</i>	En	-	-	LC

En. Endémica, A: Amenazada, Pr: Protección especial, NT: cercana a amenaza, LC, Bajo en preocupación.

### Mastofauna en el AP.

La ubicación de los registros de mastofauna se pueden ver en el Mapa IV.30. Se registraron diez (10) especies donde la más característica por su abundancia es *Peromyscus mexicanus* (ver Tabla IV.54).

Tabla IV.54 Diversidad de la mastofauna en el AP.

Mastofauna	N	pi	pi <sup>2</sup>	-pi*lnpi
<i>Bassariscus astutus</i>	3	0.07	0.005	0.18
<i>Canis latrans</i>	4	0.09	0.01	0.22
<i>Lepus callotis</i>	1	0.02	0.001	0.09
<i>Neotoma mexicana</i>	1	0.02	0.001	0.09
<i>Peromyscus gratus</i>	8	0.18	0.03	0.31
<i>Peromyscus mexicanus</i>	10	0.23	0.05	0.34
<i>Procyon lotor</i>	4	0.09	0.01	0.22
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	3	0.07	0.005	0.18
<i>Sylvilagus floridanus</i>	3	0.07	0.005	0.18
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	7	0.16	0.03	0.29
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>1.00</b>	<b>0.14</b>	<b>2.10</b>
<b>S</b>	10.00		<b>H'</b>	2.10
<b>I</b>	0.14		<b>Hmax</b>	2.30
<b>1-I</b>	0.86		<b>J</b>	0.91

N. Número de individuos registrados, pi: proporción de la especie i, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi\*lnpi: algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, I-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

El grupo con 10 especies presenta un valor de diversidad bajo a medio ( $H'=2.1$ ). Aunque el ratón *peromyscus mexicanus* es uno de los más abundantes, la homogeneidad de las demás especies se manifiesta con valores de Simpson de  $1-l= 0.14$  y su inverso ( $1-l=0.86$ ) alto, lo que sobresalta la homogeneidad del grupo, esto se corrobora con los valores de equidad ( $J=0.91$ ).

Una (1) de las 10 especies registradas en AP (*Neotoma mexicana*), no se registró en del SAR., *Neotoma mexicana* es una especie de amplia distribución en México y no se encuentra considerada en ninguna categoría de riesgo.

### Ornitofauna en el AP.

Los registros de ornitofauna en el AP se pueden ver en el Mapa IV.31. Se registraron 34 especies, donde las más abundante fue *Hirundo rustica*, ave migratoria que por temporadas es abundante en la región (lluvias) dada las características de zonas abiertas y perturbadas para la agricultura que le son favorables para alimentación y anidamiento (Tabla IV.55).

Tabla IV.55 Diversidad de la ornitofauna en el AP.

Ornitofauna	N	pi	pi2	-pi*lnpi
<i>Accipiter cooperii</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Aimophila rufescens</i>	2	0.03	0.001	0.10
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Basileuterus rufifrons</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Buteo jamaicensis</i>	2	0.03	0.001	0.10
<i>Camptostoma imberbe</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Catharus mexicanus</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Catherpes mexicanus</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Colibri thalassinus</i>	3	0.04	0.002	0.13
<i>Contopus cooperi</i>	5	0.07	0.004	0.18
<i>Eugenes fulgens</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Geococcyx velox</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Haemorhous mexicanus</i>	3	0.04	0.002	0.13
<i>Hirundo rustica</i>	13	0.17	0.03	0.30
<i>Junco phaeonotus</i>	3	0.04	0.002	0.13
<i>Lanius ludovicianus</i>	3	0.04	0.002	0.13
<i>Melanerpes formicivorus</i>	3	0.04	0.002	0.13
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	3	0.04	0.002	0.13
<i>Nyctidromus albicollis</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Passerina caerulea</i>	2	0.03	0.001	0.10
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	2	0.03	0.001	0.10
<i>Picoides scalaris</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Piranga ludoviciana</i>	2	0.03	0.001	0.10
<i>Poecile sclateri</i>	2	0.03	0.001	0.10
<i>Polioptila caerulea</i>	2	0.03	0.001	0.10
<i>Sayornis saya</i>	1	0.01	0.0002	0.06



Ornitofauna	N	pi	pi <sup>2</sup>	-pi*lnpi
<i>Setophaga occidentalis</i>	2	0.03	0.001	0.10
<i>Spinus psaltria</i>	3	0.04	0.002	0.13
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	2	0.03	0.001	0.10
<i>Tilmatura dupontii</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Troglodytes aedon</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Tyrannus melancholicus</i>	1	0.01	0.0002	0.06
<i>Vireo solitarius</i>	3	0.04	0.002	0.13
<i>Zenaida asiatica</i>	2	0.03	0.001	0.10
<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>1.00</b>	<b>0.06</b>	<b>3.26</b>
<b>S</b>	34.00		<b>H'</b>	3.26
<b>I</b>	0.06		<b>Hmax</b>	3.53
<b>1-I</b>	0.94		<b>J</b>	0.92

N. Número de individuos registrados, pi: proporción de la especie i, pi<sup>2</sup>: cuadrado de la proporción de la especie i, -pi(lnpi): algoritmo para cálculo de diversidad de Shannon, S: riqueza, I: domiancia de Simson, 1-I: Inverso de Simpson o heterogeneidad, H': Índice de diversidad de Shannon, J: Índice de equidad de Pielou.

El resto de las especies se presentan bajos en abundancia, pero homogéneos lo que se manifiesta en valores bajos del índice de Simpson (I= 0.6), que implica poca dominancia y alta homogeneidad (1-I=0.94), lo que concuerda con la alta equidad (J=0.92). Así que, dada esta homogeneidad de abundancias entre la gran riqueza de especies registrada, es congruente un registro alto de diversidad (H'= 3.26).

Respecto a la distribución geográfica, de las 34 especies solo cuatro (4) especies se consideran como endémica y cuasiendémicas, véase Tabla IV.56, de estas, dos (2) especies de colibrí dentro del Apéndice II del CITES.

Tabla IV.56 Especies de ornitofauna presenten en AP y SAR con endémismo

Especie	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	EN			LC
<i>Basileuterus rufifrons</i>	CE			LC
<i>Colibri thalassinus</i>	-		II	LC
<i>Eugenes fulgens</i>	-		II	LC
<i>Junco phaeonotus</i>	CE			LC
<i>Poecile sclateri</i>	CE			LC

En: Endémica, CE: Cuasiendémica, SE: Semiendémica, II: Apéndice II de CITES, LC: Bajo en preocupación.

De las especies registradas en el AP, 9 especies de aves no se registraron en el SAR, ninguna de ellas con distribución geográfica restringida, en la Tabla IV.57 se mencionan estas especies y sus características.

Se trata de especies migratorias en su mayoría o nativas de amplia distribución que no representan ningún problema de conservación y se encuentran bien establecidas en otras altitudes. Se observa que, respecto al estado de conservación internacional, cinco especies se reportan en categoría de Preocupación menor (LC) por la red list de la IUCN.

Tabla IV.57 Especies ornitofauna en el AP no registradas en el SAR

Especie	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN	Características
<i>Accipiter cooperii</i>	-	Pr	II	LC	(Pr) Migratoria, ámbito hogareño de hasta 1 206 ha, anida en el bosque de pino, su actividad en zonas abiertas para la caza.
<i>Catharus mexicanus</i>	-	Pr		LC	(Pr) Característico de bosque mesófilo, pero la degradación de este implica que esta ave busque refugios alternos que emulen el sotobosque al que están acostumbrados.
<i>Contopus cooperi</i>					Migratoria, prefiere los bosques de coníferas en su distribución.
<i>Myiarchus tuberculifer</i>					Migratoria, prefiere el dosel de los bosques para su actividad.
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	SE	-		LC	Migratoria, depredador conocido para mariposa monarca y otros insectos.
<i>Setophaga occidentalis</i>					Migratoria, habitat bosques, matorrales y chaparrales.
<i>Tilmatura dupontii</i>	-	A	II	LC	Se le conoce para bosques tropicales y subtropicales y se le relaciona también a bosque degradados.
<i>Troglodytes aedon</i>					Migratoria, habita pastizales, juncales y jardines de las casas.
<i>Tyrannus melancholicus</i>				LC	Se encuentra desde Estados Unidos, hasta Chile. Es considerado vagante en Canadá y Cuba. Es común, conspicuo y casi omnipresente en áreas abiertas, rurales y urbanas, menos numeroso en regiones más boscosas. Abandona las regiones sureñas durante el invierno austral.

De las especies mencionadas en la tabla anterior, tres (3) especies se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. *Catharus mexicanus*, *Accipiter cooperi* y *Tilmatura dupontii*, las dos últimas también están listadas en el Apéndice II del CITES (ver Tabla IV.58).

Tabla IV.58 Especies de la ornitofauna en el AP en categoría de riesgo.

Especie	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN
<i>Accipiter cooperii</i>	-	Pr	II	LC
<i>Catharus mexicanus</i>	-	Pr		LC
<i>Tilmatura dupontii</i>	-	A	II	LC

SE: Semiendémica, A: Amenazada, Pr: Protección especial, II: Apéndice II CITES, LC: bajo en preocupación.

Las características de estas especies indican que la mayoría son migratorias y utilizan la región para su estancia temporal, para la caza ya que prefieren zonas abiertas y lugares altos donde perchar. A dos de ellas, *Tilmadura dupontii* y *Catharus mexicanus* el sitio les ha sido favorable dada sus condiciones de perturbación. En la Tabla IV.59 se muestran las especies de aves que fueron registradas en SA y AP.

Tabla IV.59. Lista de especies registradas en el SAR y el AP.

Fauna	SA	AP	SA-AP	uSA	uAP	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN RedList	Observaciones
<b>Herpetofauna</b>										
<i>Aquiloerycea cephalica</i>	*	*	*			En	A	-	NT	
<i>Barisia imbricata</i>	*			*		En	Pr	-	LC	
<i>Chiropterotriton orculus</i>	*			*		En	-	-	VU	
<i>Conopsis lineata</i>	*	*	*			En	-	-	LC	
<i>Crotalus ravus</i>	*	*	*			En	A	-	LC	
<i>Drymarchon melanurus</i>	*			*						
<i>Dryophytes arenicolor</i>	*	*	*							
<i>Dryophytes eximius</i>	*			*						
<i>Incilius occidentalis</i>	*	*	*			En	-	-	LC	
<i>Lithobates montezumae</i>	*	*	*			En	Pr	-	LC	
<b><i>Phrynosoma orbiculare</i></b>		*			*	En	A	-	LC	(A) pero con gran movilidad
<i>Plestiodon lynxe</i>	*			*		En	Pr	-	LC	
<i>Salvadora bairdi</i>	*			*		En	Pr	-	LC	
<i>Sceloporus bicanthalis</i>	*			*		En	-	-	LC	
<i>Sceloporus grammicus</i>	*			*		-	Pr	-	LC	
<i>Sceloporus jalapae</i>	*	*	*			En	-	-	LC	
<i>Sceloporus megalepidurus</i>	*			*						
<i>Sceloporus microlepidotus</i>	*			*						
<i>Sceloporus mucronatus</i>	*	*	*			En	-	-	LC	
<i>Sceloporus spinosus</i>	*	*	*			En	-	-	LC	
<i>Thamnophis pulchrilatus</i>	*			*		En	-	-	LC	
<b>22</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>2</b>					
<b>Mastofauna</b>										
<i>Bassariscus astutus</i>	*	*	*							
<i>Canis latrans</i>	*	*	*							
<i>Conepatus leuconotus</i>	*			*						
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	*			*						

Fauna	SA	AP	SA-AP	uSA	uAP	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN RedList	Observaciones
<i>Dermanura azteca</i>	*			*						
<i>Didelphis virginiana</i>	*			*						
<i>Eptesiscus fuscus</i>	*			*						
<i>Glaucomys volans</i>	*			*						
<i>Glossophaga soricina</i>	*			*						
<b>Lepus callotis</b>		*			*	En	-	-	NT	Gran movilidad y amplia distribución en noroeste y centro de México
<i>Mephitis macroura</i>	*			*						
<i>Mus musculus</i>	*			*						
<i>Myotis thysanodes</i>	*			*		En	-	-	LC	
<i>Nasua narica</i>	*			*		-	-	III	LC	
<b>Neotoma mexicana</b>		*			*					Amplia distribución
<i>Otospermophilus variegatus</i>	*			*						
<i>Peromyscus beatae</i>	*			*						
<i>Peromyscus gratus</i>	*	*	*							
<i>Peromyscus melanotis</i>	*			*						
<i>Peromyscus mexicanus</i>	*	*	*							
<i>Procyon lotor</i>	*	*	*							
<i>Sciurus aureogaster</i>	*			*						
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	*	*	*							
<i>Sylvilagus floridanus</i>	*	*	*							
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	*	*	*							
<b>25</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>2</b>					
<b>Ornitofauna</b>										
<b>Accipiter cooperii</b>		*			*	-	Pr	II	LC	(Pr) Migratoria, Hambito hogareño de hasta 1206 ha, anida en el bosque de pino, su actividad en zonas abiertas para la caza.
<i>Aimophila rufescens</i>	*	*	*							
<i>Anthus rubescens</i>	*			*						
<i>Apelocoma ultramarina</i>	*	*	*			EN	-		LC	

Fauna	SA	AP	SA-AP	uSA	uAP	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN RedList	Observaciones
<i>Basileuterus rufifrons</i>	*	*	*			CE	-		LC	
<i>Buteo jamaicensis</i>		*			*	-	-	II	LC	(Pr)Hambito hogareño hasta 390 ha, anida en bosques y partes altas, cualquier ambiente. Cazador en áreas abiertas
<i>Camptostoma imberbe</i>		*			*					Mosquero de amplia distribución
<i>Cardellina rubra</i>	*			*		EN	-		LC	
<i>Catharus mexicanus</i>		*			*	-	Pr		LC	(Pr) Característico de bosque mesófilo, pero la degradación de este imlica que esta ave busque refugios alternos que emulen el sotobosque al que estan acostumbrados.
<i>Catherpes mexicanus</i>		*			*					De amplia distribución en el país. Prefiere hábitat rocoso.
<i>Colibri thalassinus</i>	*	*	*			-	-	II	LC	
<i>Columba livia</i>	*			*						
<i>Columbina inca</i>	*			*						
<i>Contopus cooperi</i>		*			*					Migratoria, prefiere los bosques de coníferas en su distribución.
<i>Contopus pertinax</i>	*			*						
<i>Empidonax minimus</i>	*			*						
<i>Empidonax occidentalis</i>	*			*		SE	-		LC	
<i>Eugenes fulgens</i>	*	*	*			-	-	II	LC	
<i>Geococcyx velox</i>	*	*	*							
<i>Haemorhous mexicanus</i>	*	*	*							
<i>Hirundo rustica</i>	*	*	*							
<i>Hylocharis leucotis</i>	*			*		-	-	II	LC	
<i>Icterus gradacauda</i>	*			*		CE	-		LC	
<i>Junco phaeonotus</i>	*	*	*			CE	-		LC	
<i>Lanius ludovicianus</i>	*	*	*							
<i>Melanerpes aurifrons</i>	*			*						
<i>Melanerpes formicivorus</i>	*	*	*							

Fauna	SA	AP	SA-AP	uSA	uAP	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN RedList	Observaciones
<i>Melanotis caerulescens</i>	*			*		EN	-		LC	
<i>Melospiza fusca</i>	*			*						
<i>Mimus polyglottos</i>	*			*						
<i>Myiarchus cinerascens</i>	*			*						
<b><i>Myiarchus tuberculifer</i></b>		*			*					Migratoria, prefiere el dosel de los bosques para su actividad.
<i>Myioborus pictus</i>	*			*						
<i>Nyctidromus albicollis</i>	*	*	*							
<i>Oreothlypis superciliosa</i>	*			*						
<i>Parkesia motacilla</i>	*			*						
<i>Passer domesticus</i>	*			*						
<i>Passerculus sandwichensis</i>	*			*						
<i>Passerina caerulea</i>	*	*	*	*						
<i>Picoides scalaris</i>	*	*	*							Amplia distribución
<b><i>Pheucticus melanocephalus</i></b>		*			*	SE	-		LC	Migratoria, depredador conocido para mariposa monarca y otros insectos.
<i>Pipilo chlorurus</i>	*			*						
<i>Pipilo maculatus</i>	*			*						
<i>Piranga ludoviciana</i>	*	*	*							
<i>Poecile sclateri</i>	*	*	*			CE	-		LC	
<i>Polioptila caerulea</i>	*	*	*							
<i>Psaltirparus minimus</i>	*			*						
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	*			*						
<i>Rupornis magnirostris</i>	*			*						
<i>Saltator atriceps</i>	*			*						
<i>Sayornis nigricans</i>	*			*						
<i>Sayornis phoebe</i>	*			*						
<b><i>Sayornis saya</i></b>		*			*					Migratorias de ambientes secos, aunque pueden encontrarse en bosque y sabanas cerca de agua.
<i>Setophaga coronata</i>	*									

Fauna	SA	AP	SA-AP	uSA	uAP	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN RedList	Observaciones
<b>Setophaga occidentalis</b>		*			*					Migratoria, habitat bosques, matorrales y chaparrales.
<i>Setophaga petechia</i>	*			*						
<i>Setophaga townsendi</i>	*			*						
<i>Spinus psaltria</i>	*	*	*							
<i>Spizella atrogularis</i>	*			*						
<i>Spizella passerina</i>	*			*						
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	*	*	*							
<i>Streptopelia decaocto</i>	*			*						
<i>Thryomanes bewickii</i>	*			*						
<b>Tilmatura dupontii</b>		*			*	-	A	II	LC	(A) se le conoce para bosques tropicales y subtropicales y se le relaciona tambien a bosque degradados.
<i>Toxostoma curvirostre</i>	*			*						
<b>Troglodytes aedon</b>		*			*					Migratoria, habita pastizales, juncales y jardines de las casas.
<i>Turdus migratorius</i>	*			*						
<i>Tyrannus melancholicus</i>		*								
<i>Tyrannus vociferans</i>	*					SE	-		LC	
<i>Vireo solitarius</i>	*	*	*							
<i>Zenaida asiatica</i>	*	*	*							
<b>71</b>	<b>58</b>	<b>34</b>	<b>21</b>	<b>36</b>	<b>13</b>					

SAR: Especies registradas en Sistema Ambiental Regional; AP: Especies registradas en Área de Proyecto, SAR-AP: Especies compartidas entre SAR y AP, uSA: especies registradas solamente en SAR; uAP: especies registradas solamente en AP, En: Endémicas, CE: Cuasiendémicas, SE: Semiendémicas, A: Amenazadas, Pr, Protección especial, II: Apéndice II del CITES, LC: Bajo en preocupación, NT: Cercano a amenaza, VU: Vulnerable.



## Conclusión.

### *Vegetación:*

De acuerdo con la información oficial consultada (Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V, INEGI) para caracterizar la vegetación presente en el área de estudio del proyecto Ixtaca (SAR y AP), en el SAR es posible identificar diez categorías de vegetación, de las cuales solo tres corresponden a vegetación natural: bosque de pino 22.21%, bosque de táscate 8.99% y bosque de pino-encino 3.10% (34.3% conservada). El resto de los tipos de vegetación están representados por agricultura, y por vegetación en estado sucesional de tipo secundario y pastizal, lo que da una idea de la degradación del área. En el AP la vegetación natural está representada por el bosque de táscate que ocupa sólo un 0.05% del área total, el resto de la superficie está constituida por vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate (64.97%), agricultura (26.86%) y pastizal inducido (8.11%), siendo *Juniperus deppeana* y *Pinus pseudostrobus* las especies dominantes.

Respecto a los resultados obtenidos del trabajo de campo se ha identificado para flora: 103 especies, de las cuales 88 especies registradas en el SAR, 24 de ellas se consideran endémicas<sup>18</sup> mientras que se incluyen 20 especies (22.47% del total) de malezas indicadoras de ambientes alterados, de acuerdo al listado de CONABIO sobre Malezas de México.

La diversidad en el SAR en general se considera como media, debido a presencia de especies dominantes para cada tipo de vegetación, que caracteriza a cada estrato, y la homogeneidad de abundancia del resto de las especies. La vegetación natural presente se compone de bosque de pino y bosque de táscate, los cuales presentaron cierto grado de perturbación debido a la actividad antropogénica (agricultura o actividad ganadera) y cuya alteración se puede evidenciar en el análisis por la presencia de especies de maleza. La vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate es la comunidad más diversa, con más especies de malezas presentes, y se presenta como una comunidad en fase sucesional con tendencia a la recuperación de la vegetación natural, pero que se ve frenada por la actividad agropecuaria.

En el AP se registró un total de 60 especies (de las cuales 45 especies compartidas con el SAR), 18 de ellas se consideran como endémicas y 22 especies de malezas, por lo que se puede concluir que esta área ha sido sometida históricamente a diferentes presiones de tipo antropogénico, dando como resultado la fragmentación de la vegetación natural de bosque de pino, dejando sitios propicios para el establecimiento de vegetación en etapas de sucesión.

Respecto a las especies en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010, tanto en SAR como en AP, solo se identificó una especie, *Cupressus lusitanica* (cedro blanco), en categoría de Protección especial. La distribución geográfica de esta especie es amplia, se distribuye en la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Occidental, Meseta Central de Chiapas y parte del Eje Neovolcánico; también se encuentra en Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica (ver mapa de distribución geográfica en **Anexo IV-3**), y se reporta que es una especie que no tiene problema de sobrevivencia, ya que es de fácil reproducción y se cultiva ampliamente<sup>19</sup>, por lo que el desarrollo del proyecto minero no pone en riesgo a dicho taxa en riesgo.

---

<sup>18</sup> Especie endémica: Aquella cuyo ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito únicamente al Territorio Nacional y a las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción. NOM-059-SEMARNAT-2010.

<sup>19</sup> <https://www.naturalista.mx/taxa/136133-Cupressus-lusitanica>

### Fauna:

Se han registrado tanto en el SAR como en AP 117 especies, de las cuales se registraron 107 y 54 para SAR y AP, respectivamente.

La diversidad en el SAR se considera de media a alta ( $H' = 2.39-3.61$ ); mientras que para cada uno de los grupos se considera de la siguiente manera: para herpetofauna una diversidad media ( $H' = 2.3$ ), para mastofauna un valor medio ( $H' = 2.52$ ) y para aves un valor alto ( $H' = 3.61$ ). Este valor obtenido para las aves se explica por la presencia de especies migratorias.

La diversidad en el AP se considera de baja a alta ( $H' = 1.7$  a  $3.25$ ); en tanto que para cada uno de los grupos se considera de la siguiente manera: herpetofauna diversidad baja ( $H' = 1.70$ ), mastofauna diversidad de baja a media ( $H' = 2.1$ ) y el grupo de aves con una diversidad alta ( $H' = 3.26$ ).

La diferencia entre estos resultados esta dado principalmente por los siguientes factores:

- Número de especies por grupo con el que se realiza el análisis de diversidad.
- Superficie e intensidad de muestreo
- Método al azar del muestreo,
- Época de trabajo de campo
- Movilidad y distribución de las especies, que en el caso de aves y algunos mamíferos es amplia.

De manera específica y considerando los factores anteriores, para el grupo de herpetofauna la distribución de las especies, es de la siguiente manera: **21 especies en total, de las cuales 20 están presentes en el SAR y de las cuales 10 especies se registraron en el AP.**

Para el grupo de los mamíferos, la distribución es de la siguiente manera: **25 especies en total, de las cuales 24 están presentes en el SAR y 10 especies se presentan en AP**, de éstas *Neotoma mexicana* solo se registró en el AP.

Esta especie se registró en la parte centro sur del AP en la que se presenta vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate, *Neotoma mexicana* (rata cambalachera), son no está considera en alguna categoría de riesgo y su distribución geográfica es amplia, se ha reportado en 24 estados, que corresponden a estados del centro y norte del país, en el sur se ha reportado en Chiapas<sup>20</sup>.

Para el grupo de las aves, el grupo con más registros, la distribución es de la siguiente manera: **71 especies en total, de las cuales 62 (87.32%) están presentes en el SAR y 34 (47.88%) presentes en el AP.** De acuerdo con la siguiente Tabla IV.60, solo 25 especies, que representan el 35.2% se registraron tanto en SAR como en AP, 37 especies (52.11%) solo se registraron en el SAR y solo nueve especies (12.6%) en el AP (tres de ellas en categoría de riesgo, *Accipiter cooperii*, *Catharus mexicanus*, *Tilmatura dupontii*)

Tabla IV.60. Especies de aves

Especies presentes en SAR y AP	Especies solo presentes en SAR	Especies solo presentes en AP	Total
25	37	9	71

<sup>20</sup> <http://enciclovida.mx/especies/8011941>

*Accipiter cooperii*, sujeta a protección especial, es un ave migratoria. Respecto a su distribución actual, se tienen registros recientes las AICAs: Cuenca del Río Yaqui, Sonora, Álamos-Río-Mayo, Chihuahua y Sonora; y Babícora, Chihuahua. Es probable que existan poblaciones en toda su área de distribución histórica, además posiblemente se ha extendido en Dakota del Norte y Minnesota en Estados Unidos. En México, tiene poblaciones residentes en Jalisco, se considera rara en la costa de Veracruz. Se ha reportado anidando en Oaxaca central, ampliando así el área de distribución en la temporada reproductiva. La presencia de esta especie tiene relevancia, dado que, puede tener un efecto regulador en las poblaciones de sus presas y en el mantenimiento de la diversidad local<sup>21</sup>.

*Catharus mexicanus*, sujeta a protección especial, su distribución en México se ha reportado en la vertiente del Golfo de México de la Sierra Madre Oriental, desde el sur de Tamaulipas hasta la Sierra Norte de Oaxaca, incluyendo el noreste de Hidalgo, oeste de Veracruz y este de Puebla. Localmente en los Tuxtlas, Veracruz, y en los Chimalapas (sierras Niltepec y Atravesada) en Oaxaca. También en el Macizo Central de Chiapas (Peterson & Chalif, 1989; Howell & Webb, 1995). Es probable que su se haya visto reducida en forma proporcional a la reducción que ha sufrido el bosque mesófilo de montaña, su hábitat principal, sin embargo, se reporta también que es una especie que no se ve afectada por la fragmentación del bosque mesófilo de montaña, su hábitat principal, probablemente porque es capaz de utilizar la vegetación secundaria adyacente. Ecológicamente es una especie importante como depredador de algunos invertebrados y al intervenir en la dispersión y depredación de semillas<sup>22</sup>.

*Tilmatura dupontii* (colibrí cola pinta), especie Amenazada, es nativa de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México y Nicaragua. Vive en bosque húmedo tropical y subtropical, y bosque muy degradado<sup>23</sup>.

Para el resto de las especies registradas sólo en el AP: *Contopus cooperi*, *Myiarchus tuberculifer*, *Pheucticus melanocephalus*, *Setophaga occidentalis*, *Troglodytes aedon*, *Tyrannus melancholicus*, todas estas especies son migratorias.

En el caso particular de las aves, la diferencia de especies registradas en las áreas de estudio para el proyecto Ixtaca (SAR y AP) puede deberse al comportamiento migratorio o residente de las aves, o incluso a las condiciones de disponibilidad de alimento o de hábitat.

El 28% de las especies (20 especies) registradas tienen un comportamiento migratorio, considerando esto y las fechas en las que se han realizado los trabajos para la caracterización del SAR, es posible tener su registro ya sea en SAR o AP.

El resto de las especies se consideran como residentes con amplia distribución, por lo tanto, este comportamiento (de residente) así como la característica de endemismo, la cual tienen que ver con la distribución geográfica de las especies, limitan a las especies a que se encuentren únicamente en la escala geográfica de SAR, AP, municipio de Ixtacamaxtitlán, o el estado de Puebla. Lo anterior aplica también para aquellas especies que se encuentran reportadas en alguna categoría de riesgo.

En general, las especies registradas tienen una distribución geográfica amplia, en tanta que en el **Anexo IV-4** se incluye la distribución geográfica para cada una de las especies de aves, así como sus hábitats.

---

<sup>21</sup> <http://www.encyclovida.mx/especies/8013210>

<sup>22</sup> <https://www.naturalista.mx/taxa/12889-Catharus-mexicanus>

<sup>23</sup> <http://encyclovida.mx/especies/8013358>

Respecto a las especies de fauna enlistadas en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010, se registraron **12 especies** (que representa el 10.25% del total), **de las cuales cuatro especies registradas en el SAR, tres especies en AP, y cuatro especies registradas tanto en SAR como en AP.** En la siguiente Tabla IV.61 podemos ver estas especies, así como el área en la que ha sido registrado, su estado de conservación nacional e internacional, si están consideradas en CITES y aquellas especies consideradas como prioritarias para la conservación<sup>24</sup>, (los mapas de la distribución geográfica para las especies en categoría de riesgo se presentan el **Anexo IV-3**, en los que se representa que su distribución es potencial fuera del AP).

Tabla IV.61. Especies de fauna en SAR-AP, SAR y AP en categoría de riesgo

	Especie	SAR	AP	SAR-AP	Endemismo	Categoría de riesgo NOM-059	Categoría de conservación internacional IUCN	CITES	Especies prioritarias
Herpetofauna	<i>Aquiloerycea cephalica</i>	*	*	*	En	A	NT	-	
Herpetofauna	<i>Barisia imbricata</i>	*			En	Pr	LC	-	
Herpetofauna	<i>Crotalus ravus</i>	*	*	*	En	A	LC	-	X
Herpetofauna	<i>Lithobates montezumae</i>	*	*	*	En	Pr	LC	-	
Herpetofauna	<b><i>Phrynosoma orbiculare</i></b>	*	*	*	En	A	LC	-	
Herpetofauna	<i>Plestiodon lynxe</i>	*			En	Pr	LC	-	
Herpetofauna	<i>Salvadora bairdi</i>	*			En	Pr	LC	-	
Herpetofauna	<i>Sceloporus grammicus</i>	*			-	Pr	LC	-	
Mamífero	<i>Glaucomys volans</i>	*				A			X
Ave	<b><i>Accipiter cooperii</i></b>		*		-	Pr	LC	II	
Ave	<b><i>Catharus mexicanus</i></b>		*		-	Pr	LC		
Ave	<b><i>Tilmatura dupontii</i></b>		*		-	A	LC	II	

Como se puede ver en el SAR se registraron en alguna categoría de riesgo, según la NOM-059-SEMARNAT-2010, nueve especies en total, ocho especies de herpetofauna y un mamífero; en el AP se registraron siete especies, cuatro especies de herpetofauna, las cuales también se encontraron en el SAR y tres especies de aves. La mayoría de estas especies se encuentran reportadas internacionalmente en categoría de preocupación menor (LC) por la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, excepto *Aquiloerycea cephalica* considerada como casi amenazada (NT).

Las especies de fauna prioritarias para la conservación identificadas (*Crotalus ravus*, *Glaucomys volans*, *Lepus callotis* y *Zenaida asiática*) en el proyecto, todas con amplia distribución. No se identificaron especies de flora listadas como prioritarias.

Dado que, en la caracterización del medio biótico, se han identificado especies endémicas, y que están enlistadas en categorías de conservación o riesgo internacional y nacional respectivamente, o en algún otro instrumento que ayude a su protección y conservación, (por ejemplo, la CITES), es conveniente resaltar que, en la escala mundial el instrumento que determina el estado de

<sup>24</sup> Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5334865&fecha=05/03/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5334865&fecha=05/03/2014)

conservación<sup>25</sup> de las especies de flora y fauna es la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. A nivel nacional, el instrumento para **identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo**, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, **es la NOM-059-SEMARNAT-2010**. Los instrumentos anteriores no mencionan las **acciones de protección** para las especies enlistadas, por lo tanto, no se pueden considerar como protegidas.

Por otro lado, para las **especies y poblaciones prioritarias para la conservación** en México, para la conservación de las éstas a través de programas del gobierno federal (tales como el Programa de Recuperación y Repoblación de Especies en Riesgo, PROCER o los Programas de Acción para la Conservación de Especies, PACE). Para estas especies identificadas actualmente no hay programas para de conservación.

Respecto a la CITES, que es un instrumento que tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia, son pocas las especies que se encuentran enlistadas en su Apéndice II y III, en el que figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción, y las especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países, para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas, respectivamente.

Otro de los puntos que vale la pena aclarar es que el Proyecto Ixtaca no considera actividades que puedan asociarse a tráfico, captura, posesión, transporte, acopio, introducción al país, extracción del país, aprovechamiento o comercialización de especies de flora o fauna silvestres en ninguna de sus etapas. Por el contrario, el proyecto implementará acciones de rescate, ahuyentamiento y reubicación de especies de flora y fauna. Además, a través de la capacitación se buscará concienciar a todo el personal del proyecto y comunidades para la protección y conservación de las especies presentes en el área de estudio.

Con estas aclaraciones, **se determina que no hay especies protegidas en proyecto, y que las actividades desarrolladas por el proyecto, (extracción y beneficio de minerales) no representa una amenaza para ninguna de las especies que se han identificado.**

#### *IV.3.2.3. Paisaje*

Para evaluar el paisaje que concierne al SAR, se usó una metodología sistematizada basada en la propuesta por el Instituto Superior del Medio Ambiente de Madrid, España (ISM), misma que fue adaptada por CAM a los datos cartográficos disponibles en México y desarrollada por medio de un software para Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Para realizar la evaluación, se dividió el sistema ambiental regional en unidades paisajísticas que son unidades que se construyen a partir de variables que describen sus propiedades o atributos esenciales. Estas unidades son el resultado de la intersección de la información cartográfica uso de suelo y vegetación (serie V) del INEGI y la topografía presente en el SAR. Se obtuvieron 20 unidades de paisaje.

---

<sup>25</sup> El estado de conservación es una medida de la probabilidad de que una especie continúe existiendo en el presente o en el futuro cercano, en vista no solo del volumen de la población (zapallo) actual, sino también de las tendencias que han mostrado a lo largo del tiempo, de la existencia de depredadores u otras amenazas, de las modificaciones previstas en su hábitat, etc.

Después obtener las unidades paisajísticas que componen el SAR, se procedió a evaluar el impacto paisajístico del proyecto por medio de tres aspectos: visibilidad, calidad visual y fragilidad visual del proyecto en el SAR.

#### A) Visibilidad

El objeto del análisis visual del paisaje es determinar las áreas visibles desde un punto o conjunto de puntos, que permitan caracterizar un territorio en términos visuales.

Los aspectos visuales del territorio se determinaron en función del análisis de cuencas visuales, que son la porción de terreno que es vista desde un determinado punto o puntos de observación. Para el presente caso, se consideró la porción de terreno visible desde las carreteras Chignahuapan-Aquiixtla y E.C. La Mesa-Ixtacamaxtitlán, además de las siguientes localidades:

Chaucingo	Santa María Zolotepec	Cuxac (San Antonio)
Ixtacamaxtitlán	Tenzoncuahuigtic	La Joya
Ahuateno	Tlaxcalancingo	Zacatepec
Cuahuigtic	Tuligtic (San Miguel)	Tateno Xoco
Atexquilla Cuapazola	Xiuquenta	Tlanana (Atecoxco)
Almeya		

El 56.76% del total del SAR es impactado visualmente por el proyecto, debido principalmente a que gran parte del sistema está constituido por zonas montañosas fácilmente visibles desde los puntos seleccionados (véase Mapa IV.32). En la siguiente Tabla IV.62 se muestran los porcentajes resultantes del estudio de visibilidad.

Tabla IV.62. Visibilidad en el SAR.

Impacto	Área de cubrimiento (ha)	Porcentaje
Visible	7 820.71	56.76
No visible	6 031.33	43.54

#### B) Calidad visual

La calidad visual del paisaje es el valor del recurso visual que, según cada caso, puede alcanzar mérito o no para ser conservado o protegido. Para realizar este análisis se evaluaron los siguientes componentes que hacen atractiva a una unidad paisajística:

- La cubierta del suelo.
- La topografía.
- El agua superficial.
- La incidencia antrópica.
- Singularidades naturales: AICAs, RTPs, RMPs, STP, humedales Ramsar y ANP; ninguna de estas singularidades tiene presencia en el SAR.
- Singularidades culturales. Para este caso, se consideró una ermita del siglo XIX presente en la localidad de Ixtacamaxtitlán.

Cada uno de los componentes se representó en una capa de información para software de SIG, se le asignó un valor y se ponderó para obtener un indicador para cada componente. Finalmente, todos los componentes se ponderaron y procesaron para obtener un índice final de calidad visual. La metodología utilizada propone que la calidad visual se categorice en cinco grados: alta, media-alta, media, media-baja y baja. Los resultados obtenidos para el SAR indican que se presentan cuatro de estas cinco categorías.

Los grados de calidad visual con mayor presencia son media-baja y baja, ocupando el 60.26% y 38.24% del total del SAR respectivamente, mientras que las dos categorías restantes son media-alta y media, con porcentajes de 0.86% y 0.64% respectivamente. Estos resultados indican que, según la metodología utilizada, la mayor parte del SAR presenta una baja calidad visual (véase Mapa IV.33). En la siguiente Tabla IV.63 se muestran las áreas de ocupación por categoría.

Tabla IV.63. Calidad visual en el SAR.

Clase	Área de cubrimiento (ha)	Porcentaje
Media-Alta	119.38	0.86
Media	88.23	0.64
Media-Baja	8 347.67	60.26
Baja	5 296.76	38.24

### C) Fragilidad visual

Es el conjunto de características del territorio relacionadas con la capacidad de respuesta al cambio de sus propiedades paisajísticas o la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él. Se expresa también como fragilidad visual el grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones.

Para evaluar la fragilidad de cada una de las unidades de paisaje, se planteó un modelo que engloba los componentes en dos factores:

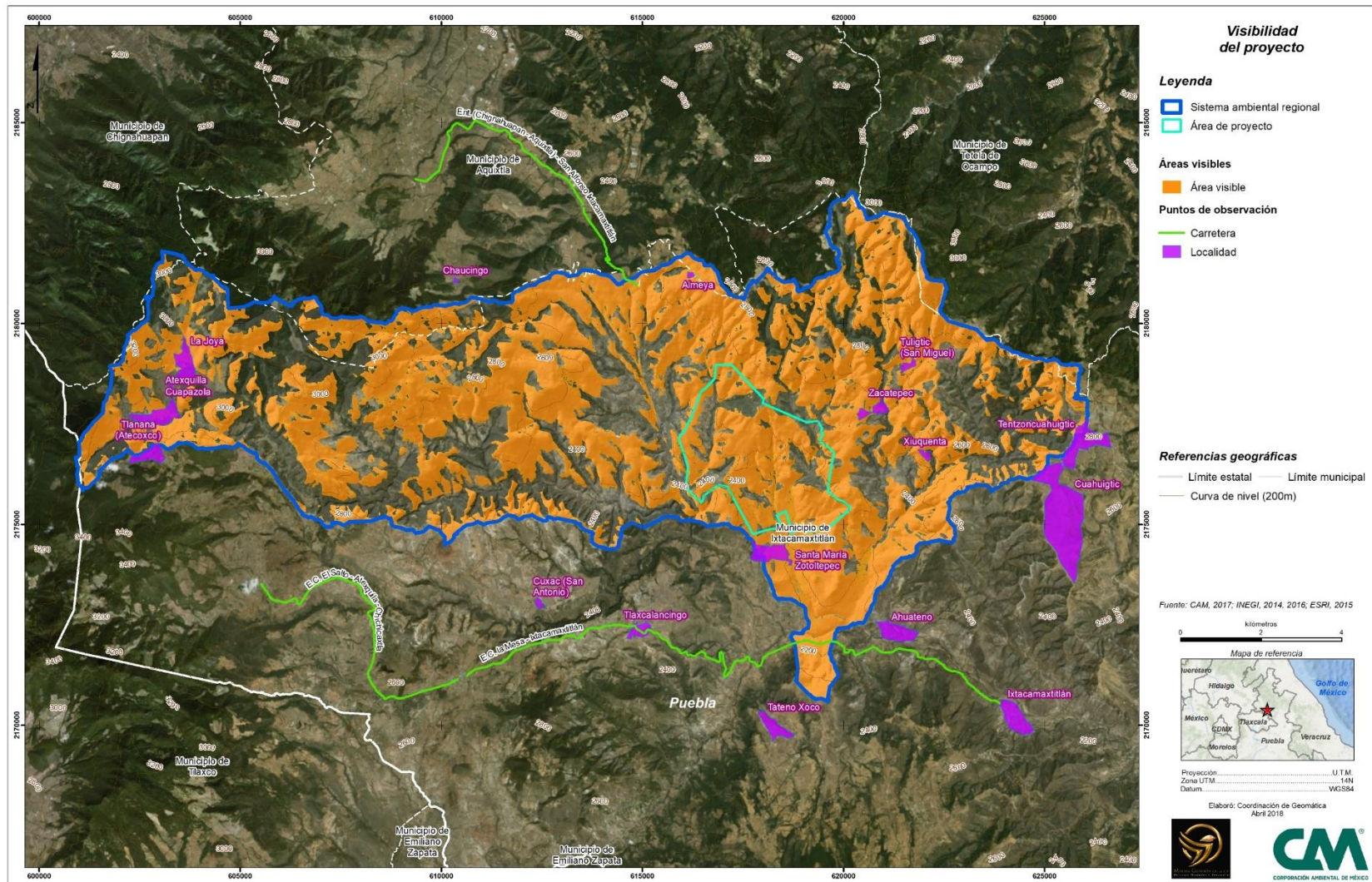
- Factores biofísicos: vegetación y usos del suelo y las características geomorfológicas.
- Factores de visibilidad: variables antrópicas que influyen en las características del territorio en términos de facilidad de acceso y/o atractivo de ser visto.

Cada uno de los componentes se representó en una capa de información para software de SIG, se le asignó un valor y se ponderó para obtener un indicador para cada componente, posteriormente se procesaron resultando un índice para cada uno de los dos factores. Finalmente, los índices de factores biofísicos y factores de visibilidad fueron integrados por medio de una matriz para obtener un índice final de fragilidad visual. La metodología utilizada propone que la fragilidad se categorice en cinco grados: alta, media-alta, media, media-baja y baja.

Los resultados obtenidos indican que el 100% del área del SAR (13 852.03ha) presenta una baja fragilidad paisajística (ver Mapa IV.34 y Tabla IV.64), por lo que, según la metodología utilizada, el paisaje será poco susceptible a los cambios que puedan realizarse en él.

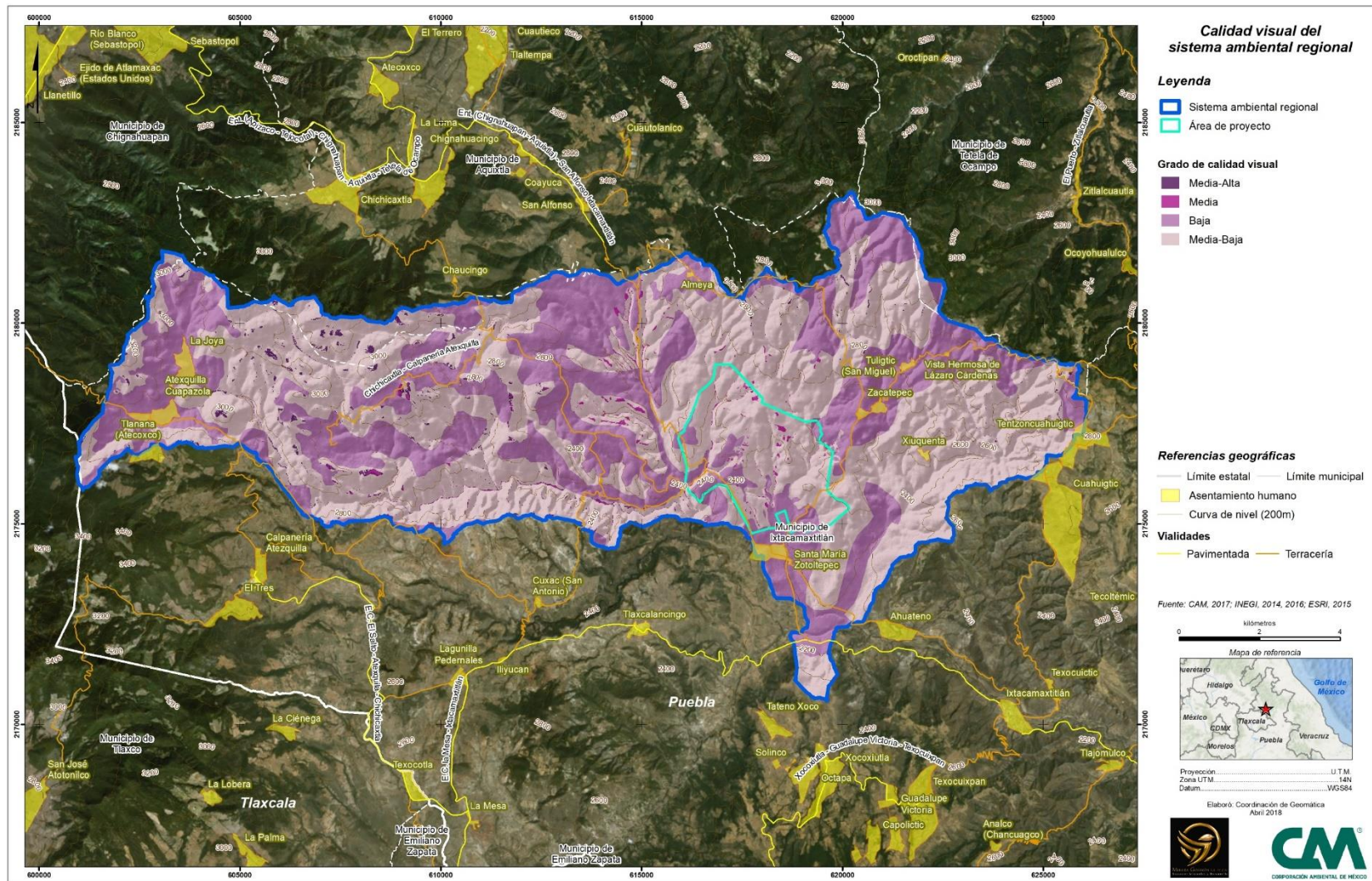
Tabla IV.64. Fragilidad visual en el SAR.

Clase	Área de cubrimiento (ha)	Porcentaje
Baja	5 296.76	38.24

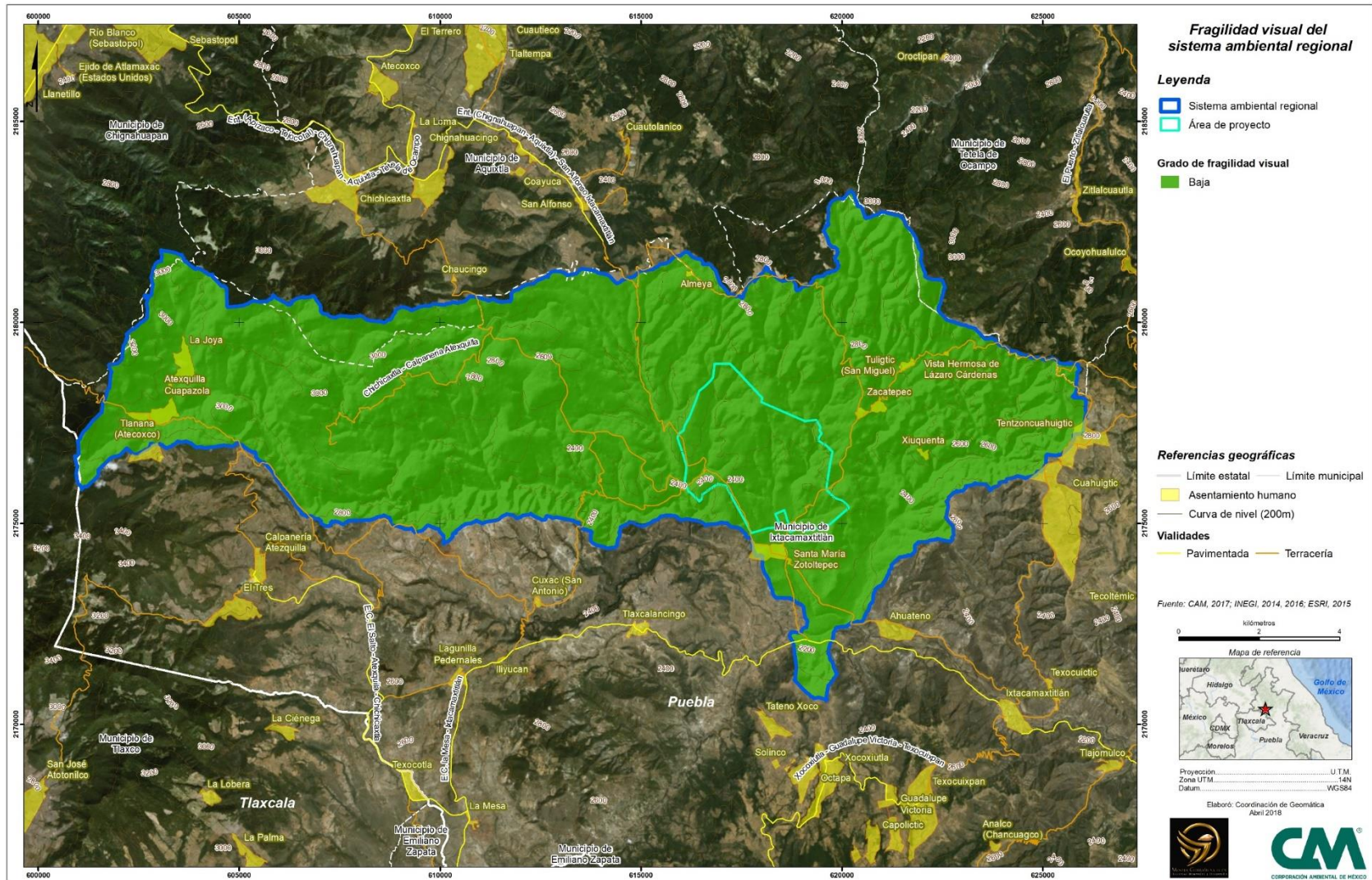


Mapa IV.32. Visibilidad del proyecto.





Mapa IV.33. Calidad visual paisajística del SAR.



Mapa IV.34 Regiones y ecuaciones de erosividad de la lluvia en México.

### IV.3.3. Medio socioeconómico

#### IV.3.3.1. Región socioeconómica

El Municipio de Ixtacamaxtitlán pertenece a la región socioeconómica número "V Sierra Norte", Abarca 35 municipios en la parte occidental de la Sierra Norte de Puebla.<sup>26</sup>

De acuerdo a la descripción de las regiones socioeconómicas del Estado de Puebla, a partir de los datos del INEGI, se definen los siguientes niveles de bienestar:

Estratos 1, 2, 3, son los de mayor carencia, siendo el más carente el número 1 lo que equivale a menores índices de bienestar, en este sentido 21 municipios de Puebla se encuentran en esta región y su población representa el 4.86% del Estado. El nivel 3 es el que registra al mayor número de municipios con 91 los cuales representan el 24.63% de la población, como lo podemos observar en la siguiente Tabla IV.65.

Tabla IV.65: Municipios de Puebla de acuerdo a los estratos de mayor a menor ventaja relativa.

Orden descendente de estratos de mayor a menor ventaja relativa			
Estratos 1, 2, 3			
Nivel		% Pob.	Total de Municipios
7		26.53	1
6		15.24	10
5		16.82	34
4		0.03	1
3		24.63	91
2		11.88	59
1		4.86	21

Fuente: INEGI

Para dar continuidad con el derecho a la salud y la regionalización económica damos continuidad a las áreas geoestadísticas por las cuales el INEGI tiene ubicada a Ixtacamaxtitlán como zona rural.

Ahora bien, de acuerdo con la definición del INEGI, una Área Geoestadística Básica (AGEB) es la extensión territorial que corresponde a la subdivisión de las áreas geoestadísticas municipales. Constituye la unidad básica del Marco Geoestadístico Nacional y, dependiendo de sus características, se clasifican en dos tipos:

- 1) **Área geoestadística básica urbana.** Área geográfica ocupada por un conjunto de manzanas que generalmente van de 1 a 50, perfectamente delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo de fácil identificación en el terreno y cuyo uso del suelo sea principalmente habitacional, industrial, de servicios, comercial, etcétera. Sólo se asignan al interior de las localidades urbanas.
- 2) **Área geoestadística básica rural.** Subdivisión de las áreas geoestadísticas municipales que se ubican en la parte rural, cuya extensión territorial es variable y se caracteriza por el uso del suelo de tipo agropecuario o forestal. Contiene localidades rurales y extensiones naturales como pantanos, lagos, desiertos y otros, delimitada por lo general por rasgos

<sup>26</sup> Ley de Desarrollo Económico Sustentable del Estado de Puebla.

naturales (ríos, arroyos, barrancas, etcétera) y culturales (vías de ferrocarril, líneas de conducción eléctrica, carreteras, brechas, veredas, ductos, límites prediales, etcétera).<sup>27</sup>

El Estado de Puebla, tiene 541 AGEBs rurales las cuales representan el 22% del total de las AGEBs, de estas 87 están en los menores niveles de ventaja relativa, seguidas con la región 2, con 312 AGEBs, las cuales tienen el 25.56% del total de la población del Estado (ver Tabla IV.66).

Tabla IV.66 Tipos de AGEBs y su clasificación en Urbanas y Rurales, edo de Puebla

Nivel	% Pob.	Total de AGEBs	Urb.	Rur.
7	6.14	110	110	0
6	20.37	299	298	1
5	0.13	6	6	0
4	21.5	511	503	8
3	22.95	826	693	133
2	25.56	601	289	312
1	3.35	105	18	87
	100	2 458	1 917	541

El Municipio de Ixtacamaxtitlán, dentro de los índices de bienestar, se encuentra ubicado dentro de los 7 niveles o regiones. En el nivel 2 se encuentran 7 AGEBs de las cuales 7 son rurales y concentran al 98.8% de la población<sup>28</sup> (ver Tabla IV.67).

Tabla IV.67 Ventaja relativa por tipo de AGEBs, Ixtacamaxtitlán, Puebla

Orden descendente de estratos de mayor a menor ventaja relativa				
Nivel	% Pob.	Total de AGEBs	Urb.	Rur.
7	0	0	0	0
6	0	0	0	0
5	0	0	0	0
4	1.2	1	1	0
3	0	0	0	0
2	98.8	7	0	7
1	0	0	0	0
	100	8	1	7

Fuente: INEGI

Se excluyen 306 AGEBs por tratarse de hospitales, aeropuertos, etc.

#### IV.3.3.2. Número y densidad de habitantes por núcleo de población identificado.

El Área de Proyecto (AP) del proyecto Ixtaca, como se ha mencionado es el espacio físico donde se construirán las obras y se instalará infraestructura propia del proyecto. Se ubica en el Municipio

<sup>27</sup> Fuente: [www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/doc/manual\\_cartografia\\_censal.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/doc/manual_cartografia_censal.pdf)

<sup>28</sup> Regiones socioeconómicas:

<http://sc.inegi.org.mx/niveles/index.jsp?me=es&ly=21,21a,00&la=21083&t2=IXTACAMAXTITLAN,%20PUEBLA&at=&ne=ag&nt=83>

de Ixtacamaxtitlán en el Estado de Puebla, el Municipio cuenta con una población de 24 512 habitantes según la Encuesta intercensal 2015 INEGI.

El espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto (Ixtaca) en el SAR o región se denomina Área de Influencia, la cual, para fines de la Evaluación de Impacto Social se ha dividido en: Zona núcleo y Zona de influencia directa, la distribución de estas áreas se muestra en el Mapa IV.35.

- Área o Zona Núcleo

El área núcleo se encuentra rodeando el AP. A partir de los límites del polígono del AP se consideró un buffer de 1 000 m (1 km). esta área tiene una extensión de 1 747.49 ha.

En el Área Núcleo se encuentran ubicadas las localidades rurales de Santa María Zotoltepec y Zacatepec, que de acuerdo con el censo de población 2010 del INEGI, cuentan con una población que asciende a 674 habitantes y forman parte del municipio de Ixtacamaxtitlán, tal como se muestra en la siguiente Tabla IV.68.

Tabla IV.68 Población de la zona núcleo del proyecto Ixtaca.

Población dentro del Área Núcleo del proyecto, Entidad Puebla, Clave de la entidad 21						
Clave del municipio	Nombre del municipio	Clave de localidad	Nombre de la localidad	AGEB	Población total	Tipo de localidad
083	Ixtacamaxtitlán	210830029	Santa María Zotoltepec	002-4	431	Rural
083	Ixtacamaxtitlán	210830089	Zacatepec	002-4	243	Rural
Total					<b>674</b>	

Fuente: Principales resultados por localidad (ITER) Puebla, INEGI, 2010.

- Área o zona de Influencia Directa

A partir de los límites del polígono de la zona núcleo se estableció un área de amortiguamiento (buffer) de 1 km alrededor de ésta, tiene una extensión de 3 538.57 ha.

El Área de Influencia Directa del proyecto se considera como el espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto. Para su delimitación se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

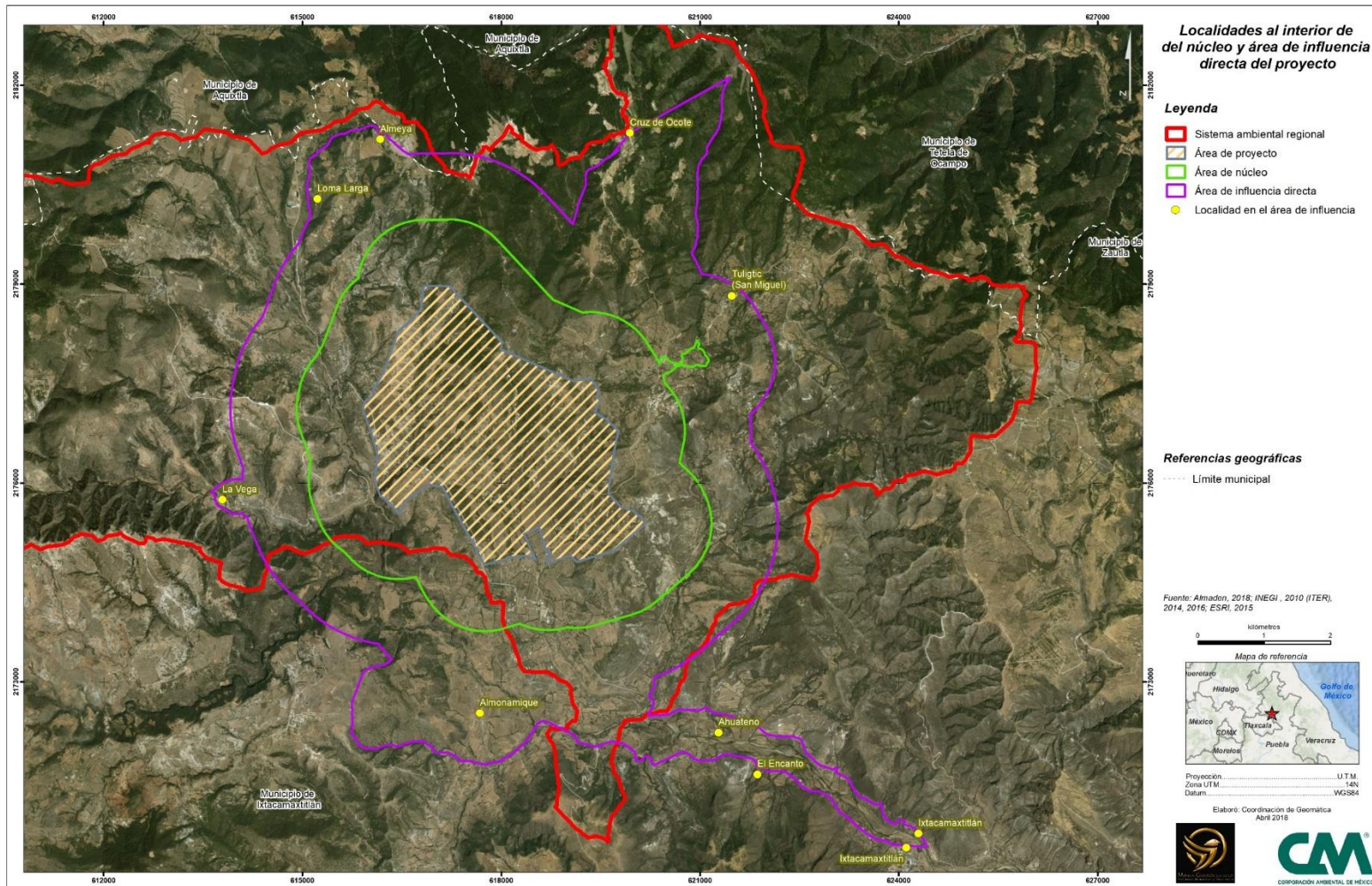
- Características del Proyecto. dimensiones y alcances, (las cuales han sido descritas en el Capítulo II). Se establece un buffer de 1 km alrededor.
- Corrientes de agua.
- Carreteras y/o caminos.
- Asentamientos humanos y/o localidades rurales.

Como se observa en la Tabla IV.69 las localidades rurales consideradas dentro del área de influencia directa del proyecto pertenecen al municipio de Ixtacamaxtitlán.

*Tabla IV.69 Población dentro del Área de Influencia Directa del proyecto, Entidad Puebla, Clave de la entidad 21*

Clave del municipio	Nombre del municipio	Clave de localidad	Nombre de la localidad	AGEB	Población total	Tipo de localidad
21	Ixtacamaxtitlán	210830063	Almonamique	003-9	39	Rural
21	Ixtacamaxtitlán	210830148	Ixtacamaxtitlán	004-3	59	Rural
21	Ixtacamaxtitlán	210830125	La Vega	001-A	73	Rural
21	Ixtacamaxtitlán	210830062	Almeya	002-4	86	Rural
21	Ixtacamaxtitlán	210830081	El Encanto	004-3	89	Rural
21	Ixtacamaxtitlán	210830011	Cruz de Ocote	002-4	98	Rural
21	Ixtacamaxtitlán	210830018	Loma Larga	002-4	120	Rural
21	Ixtacamaxtitlán	210830003	Ahuateno	004-3	165	Rural
21	Ixtacamaxtitlán	210830047	Tuligtic (San Miguel)	002-4	226	Rural
21	Ixtacamaxtitlán	210830001	Ixtacamaxtitlán	004-3	328	Rural
	<b>Total</b>				<b>1 283</b>	

*Fuente: Elaboración propia con base en los Principales resultados por localidad (ITER) Puebla, INEGI, 2010*



Mapa IV.35. Localización del área de influencia y núcleo del proyecto.

#### IV.3.3.3. Densidad de población.

Mientras que para el total del área de Influencia del proyecto Ixtaca la densidad de población es de 37.03, esta área esta subdivida en directa e indirecta con 36.26 y 38.58 de la zona núcleo (ver Tabla IV.70).

Tabla IV.70 Densidad de Población en el área de influencia del Proyecto Ixtaca.

Entidad o Municipio	Capital o Cabecera Municipal	Municipios o Localidades	Superficie km <sup>2</sup>	% de superficie respecto al estado:	Habitantes	Densidad de Población
México	México.	32	1 960 189	100	119 530 753	60.98
Puebla	Puebla	217	34 309.10	1.75	6 168 883	179.8
Ixtacamaxtitlán	Ixtacamaxtitlán	126	561	1.64	24 512	43.69
Ixtacamaxtitlán	Área total de influencia del proyecto Ixtaca	12	52.85	0.15	1 957	37.03
Ixtacamaxtitlán	Área de influencia zona núcleo	2	17.47	0.05	674	38.58
Ixtacamaxtitlán	Área de influencia directa	10	35.38	0.10	1 283	36.26

Fuente: Instituto Nacional para el Federalismo y el desarrollo Municipal SNIM (Instituto nacional de Información Municipal), Fuente: INEGI Estimadores encuesta intercensal 2015.

Información de elaboración propia a partir de las necesidades del Proyecto Ixtaca y la delimitación de su área de influencia

#### IV.3.3.4. Tipo de centro de población conforme al esquema de sistema de ciudades

La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) cuenta con microrregiones que clasifica por grados de marginación e implementación de programas, en el caso del Estado de Puebla Puebla y su municipio de Ixtacamaxtitlán, ambos están clasificados con un grado de marginación alto ver Tabla IV.71 y Tabla IV.72.

Tabla IV.71 Población por grados de marginación, zona de atención prioritaria.

Entidad o Municipio	Capital o Cabecera Municipal	Municipios o Localidades	Habitantes	Grado de marginación	ZAP rural	Cobertura PDZP	Ámbito
Puebla	Puebla	217	6 168 883	Alto	Si	Si	Urbano /Rural
Ixtacamaxtitlán	Ixtacamaxtitlán	126	24 512	Alto	Si	Si	Rural
Ixtacamaxtitlán	Área de influencia Total del proyecto Ixtaca	12	1 957	Alto	Si	Si	Rural y Urbano
Ixtacamaxtitlán	Zona núcleo	2	674	Alto	Si	Si	Rural
Ixtacamaxtitlán	Área de influencia Directa	10	1 283	Alto	Si	Si	Rural y urbano

Fuente: SEDESOL 2010.



Tabla IV.72 Comunidades del Municipio de Ixtacamaxtitlán pertenecientes al área de influencia del proyecto Ixtaca.

Área de influencia	Nombre de la localidad	Población total	Grado de marginación	ZAP rural	Cobertura PDZP	Ámbito
Directa	Ahuateno	165	Alto	Sí	Sí	Rural
Directa	Almeya	86	Alto	Sí	Sí	Rural
Directa	Almonamique	39	Alto	Sí	Sí	Rural
Directa	Cruz de Ocote	98	Alto	Sí	Sí	Rural
Directa	El Encanto	89	Alto	Sí	Sí	Rural
<b>Directa</b>	<b>Ixtacamaxtitlán</b>	<b>59</b>	<b>Alto</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Rural</b>
<b>Directa</b>	<b>Ixtacamaxtitlán</b>	<b>328</b>	<b>Medio</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Urbano</b>
Directa	La Vega	73	Alto	Sí	Sí	Rural
Directa	Loma Larga	120	Alto	Sí	Sí	Rural
Zona núcleo	Santa María Zotoltepec	431	Alto	Sí	Sí	Rural
Directa	Tuligtic (San Miguel)	226	Alto	Sí	Sí	Rural
Zona núcleo	Zacatepec	243	Alto	Sí	Sí	Rural

Fuente: SEDESOL 2010.

#### IV.3.3.5. Índice de pobreza

Según el Consejo Nacional de Población (CONAPO), en el país la pobreza extrema en el periodo 2012-2014 disminuyó en un -0.8%, mientras que para el Estado de Puebla en los periodos 2012 y 2014 informados por el CONEVAL, el 64.5% de la población se encontraba en situación de pobreza, con un cambio porcentual en este periodo del 2.1%, que en números absolutos significó 80 mil personas.

En relación al número de población de los Municipios del Estado de Puebla, Ixtacamaxtitlán se encuentra en el lugar número 82 con una población de 20 749 personas en situación de pobreza (ver Tabla IV.73).

En relación a la pobreza extrema en el Estado de Puebla, Ixtacamaxtitlán se encuentra en el lugar 119 en relación al total de los 217 municipios, el porcentaje de la población en pobreza extrema es del 25.1%, que corresponde a 6 403 personas.

Tabla IV.73 Porcentaje de pobreza, pobreza media, pobreza extrema en el Municipio de Ixtacamaxtitlán.

Medición de la Pobreza								
Ámbito		Población total	Pobreza	Pobreza extrema	Pobreza moderada	Vulnerable por carencia social	Vulnerable por ingreso	No pobre y no vulnerable
Nacional	México	112 590 130	46.26	11.36	34.90	28.76	5.72	19.25
Estado	Puebla	5 794 763	61.199	16.709	44.490	22.018	5.509	11.275
Municipio	Ixtacamaxtitlán	25 515	81.32	25.09	56.23	16.93	1.28	0.47

Fuente: CONEVAL 2010

Como podemos observar en la Tabla IV.74, el Estado de Puebla en relación al índice de marginación ocupa el lugar número 5 de los demás estados del país. Ixtacamaxtitlán se encuentra en el lugar 520 de los 2 456 municipios a nivel nacional, con un índice de marginación alto.

*Tabla IV.74 Grado de marginación y lugar que ocupa a nivel nacional el Municipio de Ixtacamaxtitlán.*

<b>Índice y Grado de Marginación y lugar que ocupa en el contexto nacional por municipio, 2010.</b>					
Municipio	Población total	Índice de marginación	Grado de marginación	Índice de marginación escala	Lugar que ocupa en el contexto nacional
				0 a 100	
Nacional	112 336 538				
Puebla	5 779 829	0.71	Alto	49.88	5
Ixtacamaxtitlán	25 326	0.8	Alto	36.9	520

Fuente CONAPO 2010.

*IV.3.3.6. Índice de alimentación, expresado en la población que cubre el mínimo alimenticio*

El Consejo Nacional de Evaluación de las Políticas de Desarrollo Social (CONEVAL) marcó el costo de la canasta alimentaria Rural mínima: A enero de 2017 el costo de la canasta alimentaria rural es de, ver Tabla IV.75.

*Tabla IV.75 Costo de la Canasta Alimentaria Rural.*

CONEVAL costo de la canasta alimentaria rural enero 2017.	
Costo diario	Costo mensual por persona
\$32.52	\$975.64

Fuente: Coneval

Si tomamos en cuenta que el salario mínimo a enero de 2017 se consolidó a \$80.40 pesos, el salario mensual de un trabajador que percibe un salario mínimo es de \$2 412.00 pesos aproximados.

El INEGI y el CONEVAL informan que el tamaño promedio de hogares es de 4.1 habitantes por vivienda. Para cubrir el mínimo de bienestar alimentario mediante el consumo de la canasta Alimentaria Rural de un hogar promedio, el jefe de familia o proveedor de la misma necesitaría estar percibiendo un mínimo de \$4 000.1 pesos para cubrir el costo de la canasta para todos los integrantes de su familia. Por lo tanto, podemos analizar que las familias promedio en Ixtacamaxtitlán tienen un déficit de \$1 588.12 pesos para poder cubrir la adquisición de la canasta básica rural para todos los integrantes de su familia, sin tomar en cuenta que el costo de la canasta básica no incluye gastos por el pago diario de transporte, educación ya sea en la propia área o foránea, ni pago de renta, vivienda propia o gastos de salud, servicios culturales y recreativos.

La población en Ixtacamaxtitlán que se encuentran en condición de déficit para la adquisición de la canasta básica rural de todos los integrantes de su familia representa el 45.47% de las personas asalariadas en el Municipio de Ixtacamaxtitlán, mientras que el 21.05% que recibe dos salarios mínimos y que tentativamente recibe por trabajar 30 días \$4 824.00 pesos y tomando el promedio de habitantes por hogar de 4.1 personas, nos indica que viven con \$823.87 pesos para el resto de sus gastos. El 54.53% de las personas trabajadoras en el Municipio no percibe ningún salario mínimo.

Para el caso de Ixtacamaxtitlán, las personas que recibían un salario mínimo para el año 2017 decrecieron 2.3%, sin embargo, siguen siendo la mayoría de la población trabajadora que percibe

solo un salario mínimo con el 45.47%. Las personas que perciben dos salarios mínimos también decrecieron un 9.42% y hasta tres salarios mínimos decrecieron en un 1.2%. Cabe señalar que durante el periodo de 2000 a 2015 el Municipio de Ixtacamaxtitlán decreció en cuanto a la percepción de salarios (ver Tabla IV.76).

*Tabla IV.76 Porcentaje de personas con carencias por acceso a la alimentación, con ingresos inferiores a la línea de bienestar.*

País, Entidad y Municipio.	Carencia por acceso a la alimentación	Población con ingreso inferior a la línea de bienestar	Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo
México	24.9	52.0	19.4
Puebla	27.4	66.7	27.3
Ixtacamaxtitlán	31.8	82.6	49.3

<http://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Tablas-dinamicas-municipales.aspx>

El Gobierno Federal tiene diversos programas para las zonas prioritarias para implementar programas a favor de la alimentación y el acceso a los recursos, los beneficiados como lo podemos observar por los programas de la SEDESOL en el estado de Puebla son el 46.08%, en el Municipio de Ixtacamaxtitlán el 83.11% (ver Tabla IV.77). El 16.8% de la población no cuenta con algún apoyo de la Secretaría

*Tabla IV.77 Total de beneficiarios SEDESOL*

Total de beneficiarios de la SEDESOL			
Entidad, municipio	Pob Total	Total de beneficiarios	Porcentaje (%) de beneficiarios
Ixtacamaxtitlán	25 326	21 048	83.11

Fuente: <http://pub.sedesol.gob.mx/spp/RepNumBenLocDet.jsp>  
[http://datos.sedesol.gob.mx/DGAGP/DGAGP/oct2015/Empleo\\_Temporal\\_Beneficiarios.csv](http://datos.sedesol.gob.mx/DGAGP/DGAGP/oct2015/Empleo_Temporal_Beneficiarios.csv)  
[http://sinhambre.gob.mx/personas\\_en\\_condiciones\\_de\\_pobreza\\_extrema\\_de\\_alimentacion\\_que\\_son\\_atendidas\\_por\\_la\\_cnch/](http://sinhambre.gob.mx/personas_en_condiciones_de_pobreza_extrema_de_alimentacion_que_son_atendidas_por_la_cnch/)

Notas:

- \* El programa de Liconsa, pueden recibirlo las beneficiarias, que también cuentan con el programa de PROSPERA
- \* El programa CRUZADA NACIONAL CONTRA EL HAMBRE lo reciben las beneficiarias de prospera, solo es un esquema diferente de pago, que no implica corresponsabilidad.
- \* EL programa de EMPLEO TEMPORAL, no se cuenta dentro de los beneficiarios de los programas de SEDESOL, pues la dependencia lo toma como un programa independiente, ya que se realiza en coordinación con SCT y SEMARNAT.

#### *IV.3.3.7. Disposición final de residuos*

En el Municipio de Ixtacamaxtitlán se cuenta con un sistema recolector de basura, que consiste en dos camiones recolectores, los cuales están calendarizados para recoger los desechos en el municipio. Para tener acceso a este servicio, las autoridades locales deberán extender un oficio al H. Ayuntamiento, solicitando que el servicio sea brindado en su localidad. Los camiones tienen una capacidad de tres y diez toneladas respectivamente y laboran de lunes a viernes.

Los desechos recolectados son llevados al relleno sanitario intermunicipal ubicado en el municipio de Libres, Puebla, el cual tiene una capacidad de 200 toneladas por día.

#### IV.3.3.8. Luz eléctrica

Existen tres zonas de abastecimiento para la luz eléctrica del municipio de Ixtacamaxtitlán, las cuales se ubican en Chignahuapan, Puebla, Tlaxco, Tlaxcala y Libres, Puebla (véase Tabla IV.78).

Tabla IV.78 Tomas instaladas de energía en el Municipio de Ixtacamaxtitlán

Tomas instaladas y localidades con el servicio de energía eléctrica por municipio al 31 de diciembre de 2014				
Municipio	Total	Domiciliarias b/	No domiciliarias c/	Localidades con servicio a/
Puebla	1 927 121	1 918 116	9 005	2 857
Ixtacamaxtitlán	6 363	6 301	62	80

Fuente: Anuario estadístico de Puebla 2015 INEGI

Del total de las viviendas habitadas del Estado de Puebla a 2015 el 98.73% disponen de Luz eléctrica. Para el caso del Municipio de Ixtacamaxtitlán, el 96.52% cuenta ya con este servicio, mientras que para el área del proyecto Ixtaca en 2010 la población con este servicio representó el 95.47% (véase Tabla IV.79 y Tabla IV.80).

Tabla IV.79 Viviendas habitadas en el Municipio de Ixtacamaxtitlán y el área de influencia

Porcentaje (%) de viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica		
Área	2010	2015
Área de influencia núcleo y directa	95.47	-
Ixtacamaxtitlán	95.52	96.52
Puebla	96.42	98.73

Fuente INEGI censo de Población y vivienda 2010, encuesta intercensal 2015.

Tabla IV.80 Viviendas habitadas en el Municipio de Ixtacamaxtitlán y el área de influencia zona núcleo y directa del proyecto Ixtaca (Fuente: ITER 2010).

Comunidades del área de influencia zona núcleo y directa	Total de Viviendas Particulares	Viviendas Particulares Habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica	% Viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica	Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica	% Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica
Ahuateno	59	41	36	87.80	5	12.20
Almeya	40	21	21	100.00	0	0.00
Almonamique	14	9	9	100.00	0	0.00
Cruz de Ocote	48	32	30	93.75	2	6.25
El Encanto	26	21	21	100.00	0	0.00
Ixtacamaxtitlán	109	77	74	96.10	2	2.60
Ixtacamaxtitlán	19	16	16	100.00	0	0.00
La Vega	24	13	13	100.00	0	0.00
Loma Larga	42	33	31	93.94	2	6.06
Sta María Zotoltepec	150	106	101	95.28	5	4.72
Tuligtic (San Miguel)	92	57	55	96.49	1	1.75
Zacatepec	99	58	55	94.83	3	5.17
Total	722	484	462	95.45	20	4.13

#### IV.3.3.9. Agua entubada

El municipio de Ixtacamaxtitlán se abastece de aguas superficiales, la cabecera municipal tiene la concesión de la fuente de abastecimiento superficial ubicada en la comunidad de Santa María Zotoltepec. Como se pudo observar en la Tabla IV.81 las fuentes de abastecimiento mayoritarias son los manantiales.

*Tabla IV.81 Fuentes de abastecimiento y volumen promedio diario de extracción de agua por municipio según principales tipos de fuente 2014.*

Estado y/o Municipio	Fuente de abastecimiento a/			Volumen promedio diario de extracción E/ (Miles de metros cúbicos)		
	Total	Pozo Profundo	Manantial	Total	Pozo Profundo	Manantial
Puebla	3 889	886	3 003	327	228.07	98.92
Ixtacamaxtitlán	162	1	161	2.22	0.10	2.13

Fuente: anuario estadístico 2015 INEGI para el Estado de Puebla.

En la Tabla IV.82 observamos que las tomas de agua para abastecimiento público son naturales y son 22, ninguna hasta la fecha reportada fue creada por la Comisión Estatal o Nacional del Agua para uso público.

*Tabla IV.82 Tomas de agua en operación para abastecimiento público por municipio según fuente de abastecimiento al 31 de diciembre de 2012*

Estado y/o Municipio	Total	Pozo	Rio	Presa	Galería filtrante	Manantial	Canal o dren	Otra	No especificado
Puebla	1 087	595	25	5	9	436	5	8	4
Ixtacamaxtitlán	22	0	0	0	0	22	0	0	0

Fuente: anuario estadístico 2015 INEGI para el Estado de Puebla.

En el Estado de Puebla las casas que disponen de agua entubada tuvieron un crecimiento entre 2000 y 2010 de 4.94% y para el año 2015 del 17.55%. Esto lo podemos observar en la Tabla IV.83 y Tabla IV.84. Para el municipio de Ixtacamaxtitlán en el periodo de 2010 a 2015 el incremento de viviendas con disposición de agua entubada fue de 7.93%. Cabe señalar que en el área de influencia del proyecto Ixtaca en el periodo de 2010 las viviendas que disponen de agua entubada representan el 86.36%.

*Tabla IV.83 Viviendas habitadas que disponen de agua entubada en el municipio de Ixtacamaxtitlán y el área de influencia directa y zona núcleo del proyecto Ixtaca.*

Área	2010	2015
Área de influencia núcleo y directa	86.36	
Ixtacamaxtitlán	83.48	91.41
Puebla	82.22	99.77

Fuente: INEGI censo de Población y vivienda 2010, encuesta intercensal 2015.

*Tabla IV.84 Viviendas habitadas que disponen de agua entubada en el área de influencia del proyecto Ixtaca.*

Comunidades del área de influencia zona núcleo y directa	Total de Viviendas particulares	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas, con agua entubada	% Viviendas particulares habitadas sin agua entubada.
Ahuateno	59	41	28	68.29
Almeya	40	21	20	95.24
Almonamique	14	9	0	0.00
Cruz de Ocote	48	32	27	84.38
El Encanto	26	21	17	80.95
Ixtacamaxtitlán	109	77	76	98.70
Ixtacamaxtitlán	19	16	12	75.00
La Vega	24	13	13	100.00
Loma Larga	42	33	24	72.73
Santa María Zotoltepec	150	106	102	96.23
Tuligtic (San Miguel)	92	57	48	84.21
Zacatepec	99	58	51	87.93
Total	722	484	418	86.36

Fuente INEGI censo de Población y vivienda 2010

#### IV.3.3.10. Drenaje

Las viviendas habitadas que disponen de drenaje, como lo podemos observar en la Tabla IV.85, en el Estado de Puebla a 2015, representan el 90.83% y al 2010 el incremento fue de 4.99%. En el municipio de Ixtacamaxtitlán el incremento en el acceso al drenaje fue de 2010 a 2015 fue de 26.61%.

*Tabla IV.85 Viviendas habitadas que disponen de drenaje en el Municipio de Ixtacamaxtitlán y el área de influencia del proyecto Ixtaca.*

Área	2010	2015
Área de influencia Proyecto de Mina Ixtaca	67.15	-
Ixtacamaxtitlán	48.73	75.34
Puebla	85.84	90.83

Fuente INEGI censo de Población y vivienda 2010, encuesta intercensal 2015.

En el área de influencia del proyecto Ixtaca las viviendas que disponían de drenaje a 2010 fueron el 67.15% de las viviendas contaba con este servicio (véase Tabla IV.86).

Tabla IV.86 Viviendas habitadas que disponen de drenaje en el área de influencia del proyecto Ixtaca.

Comunidades del área de influencia zona núcleo y directa	Total de viviendas particulares	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	% Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje
Ahuateno	59	41	29	70.73
Almeya	40	21	1	4.76
Almonamique	14	9	3	33.33
Cruz de Ocote	48	32	16	50.00
El Encanto	26	21	11	52.38
Ixtacamaxtitlán	109	77	72	93.51
Ixtacamaxtitlán	19	16	4	25.00
La Vega	24	13	12	92.31
Loma Larga	42	33	22	66.67
Santa María Zotoltepec	150	106	72	67.92
Tuligtic (San Miguel)	92	57	52	91.23
Zacatepec	99	58	31	53.45
Total	722	484	325	67.15

Fuente INEGI censo de Población y vivienda 2010

#### IV.3.3.11. Reservas territoriales para desarrollo urbano

El Estado de Puebla tiene 943.8 hectáreas registradas como reservas como lo informa el Registro Nacional de Reservas Territoriales (CONAVI) para el año 2015 (ver Tabla IV.87). El Municipio de Ixtacamaxtitlán no se encuentra reportado con reservas territoriales.

Tabla IV.87 Reservas Territoriales - Puebla - Por contorno

Municipio	U1	U2	U3	R4-A	R3-A	R4-B	1 OTRO	2 S/D	Total
AMOZOC			1.9						1.9
ATLIXCO	0		8.3	2.4					10.8
CORONANGO	1.5		7.2	0.7			14.4		23.7
CUAUTLancingo	8.9	5.8	33.4						48.1
CHALCHICOMULA DE SESMA	36.7					6			42.7
HUEJOTZINGO		3	155.1				18.7		176.8
JONOTLA						0.1			0.1
OCOYUCAN			3.8		6.6				10.4
PUEBLA	0.5	60.6	282.9				2.1	76.9	423
RAFAEL LARA GRAJALES	2								2

Municipio	U1	U2	U3	R4-A	R3-A	R4-B	1 OTRO	2 S/D	Total
SAN ANDRES CHOLULA		9.1							9.1
SAN JOSE CHIAPA			23.4				29.3		52.7
SAN MARTIN TEXMELUCAN		6.6							6.6
SAN SALVADOR EL VERDE			5.7				0.4		6
TECAMACHALCO	0.3	4	3.6		2.4		12.9		23.3
TEHUACAN	1.2	55.6	41.2						98
TEZIUTLAN	0.2			3					3.2
TIANGUISMANALCO				5.3					5.3
Total	51	145	566.5	11.4	9	6.1	77.8	76.9	943.8

Fuente: Registro Nacional de Reservas Territoriales “RENARET”, CONAVI.

#### IV.3.3.12. Demografía

El Estado de Puebla, donde se encuentra el Municipio de Ixtacamaxtitlán sede del proyecto de explotación y beneficio de minerales Ixtaca, cuenta con 6 168 883 habitantes según la encuesta intercensal 2015 (INEGI), ocupando el 5to lugar a nivel nacional por su número de habitantes, y el lugar número 21 de acuerdo a su extensión territorial. El Estado de Puebla tiene una densidad de población de 179.8 habitantes por kilómetro cuadrado. La distribución de población es 72% urbana y 28% rural; a nivel nacional el dato es de 78 y 22 respectivamente. Puebla tiene 34 309.1 km<sup>2</sup>, su territorio abarca el 1.7% del territorio Nacional.

La población total del municipio de Ixtacamaxtitlán, Puebla, de acuerdo con los de la encuesta intercensal 2015 es de 24 512 personas y refleja un decrecimiento del 3.21% de 2010 a 2015 como lo podemos observar en la siguiente Tabla IV.88.

Tabla IV.88. Población de Ixtacamaxtitlán de 1980 a 2015.

Año	Estado	Municipio	Área de Influencia
	Puebla	Ixtacamaxtitlán	
1980	3 347 685	26 827	-
1990	4 126 101	28 405	1 988
2000	5 076 686	28 358	2 065
2010	5 779 829	25 326	1 957
2015	6 168 883	24 512	4 818

Fuente: INEGI conteo de población y vivienda 1980, 1990, 2000, 2010, Encuesta intercensal 2015

El total de la población del área de influencia del proyecto Ixtaca es de 1 957 personas como se puede observar en la Tabla IV.89.



Tabla IV.89. Población de área de influencia del 1990 a 2015.

<b>Población del área de influencia zona núcleo y directa del Proyecto Ixtaca</b>			
<b>Localidad</b>	<b>Población Total 2010</b>	<b>Población Total 2000</b>	<b>Población Total 1990</b>
<b>Ahuateno</b>	165	213	176
<b>Almeya</b>	86	109	93
<b>Almonamique</b>	39	22	24
<b>Cruz de Ocote</b>	98	120	164
<b>El Encanto</b>	89	54	69
<b>Ixtacamaxtitlán*</b>	328	340	266
<b>Ixtacamaxtitlán*</b>	59	48	0
<b>La Vega</b>	73	88	65
<b>Loma Larga</b>	120	146	151
<b>Santa María Zotoltepec</b>	431	421	385
<b>Tuligtic (San Miguel)</b>	226	239	595
<b>Zacatepec</b>	243	265	0
<b>Total</b>	<b>1 957</b>	<b>2 065</b>	<b>1 988</b>

Fuente: INEGI conteo de población y vivienda 1990,2000, 2010 y Encuesta intercensal 2015.

\*El Marco Geoestadístico Nacional menciona dos localidades con el mismo nombre "Ixtacamaxtitlán", una con clave geoestadística "210830001" que es la cabecera municipal y cuenta con 328 habitantes, y otra con clave geoestadística "210830148" que tiene 59 habitantes. Cabe señalar que, en la realidad, ambas localidades están juntas, por lo que la distinción en campo es inexistente

El total de la población del área de influencia del Proyecto Ixtaca es de 1 957 personas En el área de Influencia del proyecto Ixtaca la población menor de edad es de 727 personas, de 18 a 59 años 928, la población adulta mayor de 60 y más según el censo de población y vivienda 2010 fueron 302 personas, la mayor población se concentra en la población mayor de edad y en grupo de edad laborable véase Tabla IV.90.

Tabla IV.90 Población del área de influencia del Proyecto Ixtaca por grupos de edad.

<b>Distribución de la población por grupos de edad, según sexo a 2010</b>									
<b>Localidad, municipio, entidad</b>	<b>Menor de 18 años</b>	<b>Menor de 18 años hombres</b>	<b>Menor de 18 años mujeres</b>	<b>18 a 59 años</b>	<b>18 a 59 años hombres</b>	<b>18 a 59 años mujeres</b>	<b>60 años y más</b>	<b>60 años y más hombres</b>	<b>60 años y más mujeres</b>
Total de la Entidad Puebla	2 228 625	1 125 640	1 102 985	3 036 768	1 412 359	1 624 409	514 436	231 856	282 580
Total del Municipio Ixtacamaxtitlán	10 365	5 261	5 104	11 603	5 534	6 069	3 358	1 729	1 629
Total área de influencia del Proyecto Ixtaca	727	376	351	928	456	472	302	150	152

El 47.41% de la población dentro área de influencia directa y zona núcleo del proyecto se encuentra en edad laborable y representa en porcentaje la mayoría de la población en el área (ver Figura IV.20).

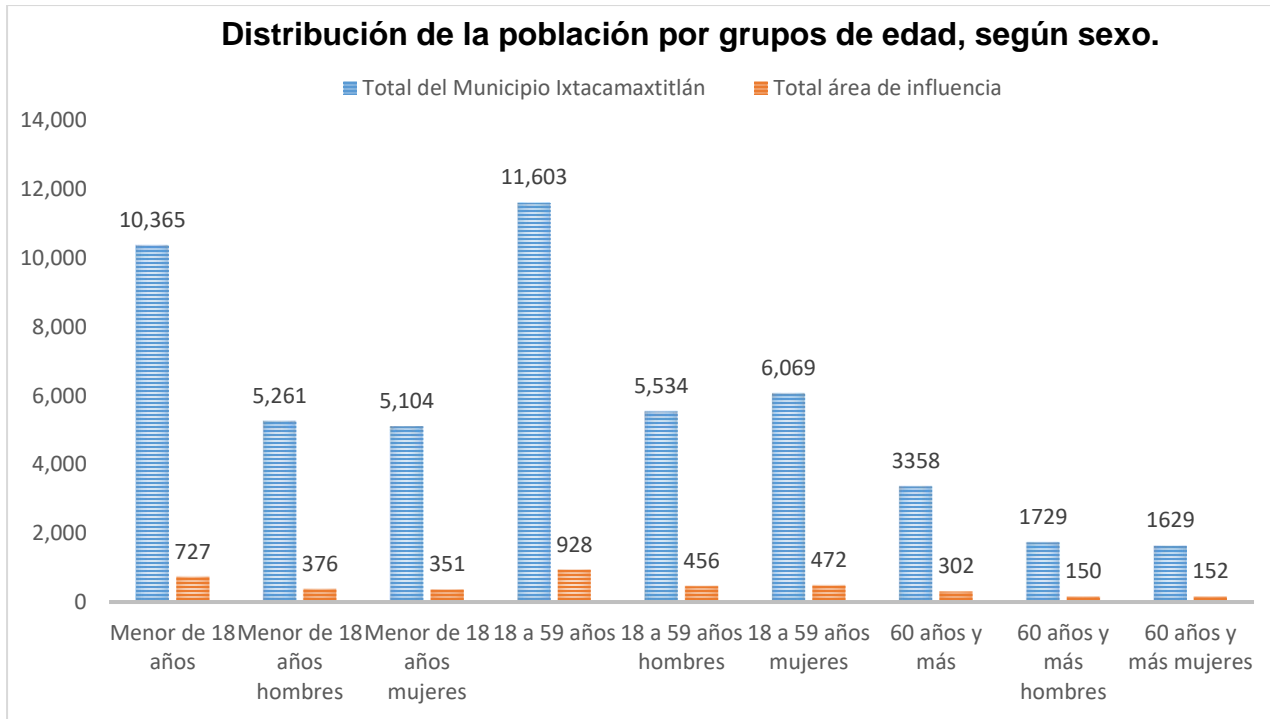


Figura IV.20 Población por grupos de edad en el área de influencia directa y zona núcleo del proyecto de mina Ixtaca.

Para el caso de Ixtacamaxtitlán la población que está en edad laborable representa el 45.79% del total de la población de dicho municipio.

#### IV.3.3.13. Tasa de crecimiento de la población.

De acuerdo con datos del CONAPO, se muestra en la siguiente Tabla IV.91, la tasa de crecimiento natural para 2030 se estima que se reduzca de 1.65% en 2010 a 1.05% en 2030, así mismo, la tasa de inmigración interestatal solo prevé una variación de entre 5 y 6 puntos porcentuales. La migración neta internacional presentará una reducción de -0.37 a -0.41 puntos porcentuales, lo que indica que, de acuerdo a los datos del CONAPO, cada día será menor el número de personas que migren.

Tabla IV.91. Tasa de Crecimiento de la población y migración del estado de Puebla de 2010 a 2030.

Tasa de Crecimiento de la población y migración del estado de Puebla de 2010 a 2030						
Año	Tasa de crecimiento natural**	Tasa de inmigración interestatal**	Tasa de emigración interestatal**	Tasa de migración neta interestatal**	Tasa de migración neta internacional**	Tasa de crecimiento social total**
2010	1.65	0.58	0.66	-0.09	-0.37	-0.45
2011	1.61	0.57	0.66	-0.09	-0.38	-0.46
2012	1.58	0.57	0.66	-0.09	-0.39	-0.47
2013	1.55	0.57	0.66	-0.09	-0.4	-0.48
2014	1.52	0.57	0.65	-0.09	-0.4	-0.49

Tasa de Crecimiento de la población y migración del estado de Puebla de 2010 a 2030						
Año	Tasa de crecimiento natural**	Tasa de inmigración interestatal**	Tasa de emigración interestatal**	Tasa de migración neta interestatal**	Tasa de migración neta internacional**	Tasa de crecimiento social total**
2015	1.49	0.56	0.65	-0.09	-0.41	-0.5
2016	1.46	0.56	0.65	-0.09	-0.41	-0.5
2017	1.43	0.56	0.65	-0.09	-0.42	-0.51
2018	1.4	0.56	0.64	-0.09	-0.42	-0.51
2019	1.37	0.55	0.64	-0.09	-0.43	-0.51
2020	1.34	0.55	0.64	-0.09	-0.43	-0.51
2021	1.31	0.55	0.63	-0.09	-0.43	-0.51
2022	1.28	0.55	0.63	-0.08	-0.43	-0.51
2023	1.25	0.54	0.63	-0.08	-0.42	-0.51
2024	1.22	0.54	0.62	-0.08	-0.42	-0.51
2025	1.19	0.54	0.62	-0.08	-0.42	-0.5
2026	1.16	0.53	0.62	-0.08	-0.42	-0.5
2027	1.13	0.53	0.61	-0.08	-0.42	-0.5
2028	1.1	0.53	0.61	-0.08	-0.42	-0.5
2029	1.07	0.53	0.61	-0.08	-0.41	-0.49
2030	1.05	0.53	0.6	-0.08	-0.41	-0.49

\* Por mil  
 \*\* Por cien

Fuente: CONAPO Puebla: Indicadores demográficos, 2010-2030

#### IV.3.3.14. Migración en Ixtacamaxtitlán

La Tabla IV.92 nos muestra un análisis de la evolución de la población migrante en el Área de Influencia, Municipio y Estado. Como podemos apreciar, la población migrante ha ido en decremento del año 2000 al 2015 pues muestra una reducción a nivel municipal de 0.31%. Así mismo, observamos que mientras en el Estado de Puebla la población de 5 años y más residente en otra entidad para 2015 representa el 2.97%.

Para el municipio de Ixtacamaxtitlán representa el 1.9% de la población de 5 años y más; sin embargo, en el área de Influencia la población migrante para el año 2010 es de 2.39% (Tabla IV.92). Lo que nos indica la importancia, que tendrá el Proyecto Ixtaca en el área de influencia, la cual propiciará la disminución de la migración en esta zona.

Tabla IV.92. Migración en Ixtacamaxtitlán en el área núcleo y área de influencia directa.

Migración en Ixtacamaxtitlán en la zona núcleo y el área de influencia directa del proyecto				
Área	Población total 5 años y más			
	2015	2010	2005	2000
Área de influencia	--	1 768	721	1 727
Municipio	22 094	22 605	22 296	23 892

Migración en Ixtacamaxtitlán en la zona núcleo y el área de influencia directa del proyecto				
<b>Puebla</b>	5 586 559	5 149 377	4 688 913	4 337 362
	Población de 5 años y más residente en la entidad			
	2015	2010	2005	2000
<b>Área de influencia</b>	-	1 714	1 678	1 656
<b>Municipio</b>	21 604	21 587	21 773	23 274
<b>Puebla</b>	5 383 208	4 950 128	4 565 004	4 179 456
	Población de 5 años y más residente en otra entidad o país			
	2015	2010	2005	2000
<b>Área de influencia</b>	--	41	41	64
<b>Municipio</b>	419	697	451	528
<b>Puebla</b>	165 972	130 190	103 406	143 396

Fuente INEGI, Censos 2000, 2005, 2010. Encuesta intercensal 2015. <http://www.inegi.org.mx>

#### IV.3.3.15. Morbilidad y mortalidad y sus posibles causas.

Como podemos observar en la Tabla IV.93, las infecciones respiratorias agudas son las que han sido reportadas como las más frecuentes, con un decrecimiento porcentual de 2010 a 2015 de 5.44%.

En segundo lugar, tenemos a las infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas con un decrecimiento del 0.14 en puntos porcentuales por lo reportado de 2010 con un porcentaje de 10.43% a 2015 con un porcentaje de 10.29%.

Tabla IV.93. Causas de Morbilidad en el Estado de Puebla.

Principales enfermedades en Puebla						
No.	2015			2010		
	Padecimiento	Población Atendida	Porcentaje de la tasa global	Padecimiento	Población Atendida	Porcentaje de la tasa global
1	Infecciones respiratorias agudas	1 068 138	58.12	Infecciones respiratorias agudas	1 202 990	63.56
2	Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	189 134	10.29	Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	197 348	10.43
3	Infección de vías urinarias	164 644	8.96	Infección de vías urinarias	139 280	7.36
4	Úlceras, gastritis, duodenitis	57 476	3.13	Úlceras, gastritis, duodenitis	64 670	3.42
5	Gingivitis y enfermedades periodontales	57 177	3.11	Gingivitis y enfermedades periodontales	36 052	1.9
6	Conjuntivitis	39 370	2.14	Amebiasis intestinal	28 715	1.52
7	Vulvovaginitis aguda	29 703	1.62	Candidiasis urogenital	22 511	1.19
8	Otitis media aguda	19 881	1.08	Hipertensión arterial	20 140	1.06

Principales enfermedades en Puebla						
No.	2015			2010		
	Padecimiento	Población Atendida	Porcentaje de la tasa global	Padecimiento	Población Atendida	Porcentaje de la tasa global
9	Amebiasis intestinal	17 372	0.95	Otras helmintiasis	18 476	0.98
10	Obesidad	16 875	0.92	Diabetes melitus no insilunodependiente (tipo II)	16 582	0.88
11	Hipertensión arterial	15 947	0.87	Amebiasis intestinal	16 260	0.86
12	Diabetes melitus no insilunodependiente (tipo II)	15 210	0.83	Conjuntivitis	16 210	0.86
13	Candidiasis urogenital	13 653	0.74	Intoxicación por picadura de alacrán	15 949	0.84
14	Intoxicación por picadura de alacrán	12 782	0.7	Tricomoniasis urogenital	14 420	0.76
15	Insuficiencia venosa periférica	9 948	0.54	Varicela	9 320	0.49
16	Otras helmintiasis	8 199	0.45	Mordeduras por perro	6 666	0.35
17	Accidentes de transporte en vehículos con motor	7 657	0.42	Desnutrición leve	6 119	0.32
18	Tricomoniasis urogenital	7 269	0.4	Asma y estado asmático	6 007	0.32
19	Varicela	6 662	0.36	Paratifoidea y otras salmonelosis	5 725	0.3
20	Mordeduras por perro	6 031	0.33	Neumonias y bronconeumonias	5 488	0.29
21	Otras causas	74 625	4.06	Otras causas	43 810	2.31
	<b>Tasa Global</b>	<b>1 837 753</b>			<b>1 892 738</b>	

Fuente: [http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/2015/principales/estatal\\_institucion/pue.pdf](http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/2015/principales/estatal_institucion/pue.pdf)

Cómo podemos observar en la Tabla IV.94, las principales muertes se dan por enfermedades del corazón en un 24.83% seguidas de la diabetes con el 14.72%.

Tabla IV.94. Causas de Mortalidad en el Estado de Puebla.

Año 2015				
Orden de Importancia	Causas	Defunciones		Porcentaje
1	Enfermedades del corazón c/	6 088	9 887	24.83
	Enfermedades isquémicas del corazón	3 799		
2	Diabetes mellitus	5 863	5 863	14.72
3	Tumores malignos	3 683	3 683	9.25
4	Enfermedades del hígado	2 767	3 895	9.78
	Enfermedad alcohólica del hígado	1 128		
5	Enfermedades cerebrovasculares	1 941	1 941	4.87
6	Accidentes	1 795	2 560	6.43

Año 2015				
Orden de Importancia	Causas	Defunciones		Porcentaje
	De tráfico de vehículos de motor	765		
7	Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas	1 083	1 083	2.72
8	Influenza y neumonía	921	921	2.31
9	Insuficiencia renal	897	897	2.25
10	Ciertas afecciones originadas en el período perinatal d/	813	813	2.04
	Dificultad respiratoria del recién nacido y otros trastornos respiratorios originados en el período perinatal	356	356	0.89
11	Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	654	654	1.64
12	Agresiones	622	622	1.56
13	Desnutrición y otras deficiencias nutricionales	510	510	1.28
14	Anemias	312	312	0.78
15	Síndrome de dependencia del alcohol	294	294	0.74
16	Bronquitis crónica y la no especificada, enfisema y asma	270	270	0.68
17	Lesiones autoinfligidas intencionalmente	268	268	0.67
18	Enfermedad por virus de la inmunodeficiencia humana	176	176	0.44
19	Enfermedades infecciosas intestinales	148	148	0.37
20	Septicemia	147	147	0.37
	Las demás causas	4 517	4 517	11.34
	Total	39 817	39 817	

Fuente: [http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/2015/principales/estatal\\_institucion/pue.pdf](http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/2015/principales/estatal_institucion/pue.pdf)

En la Tabla IV.95, se muestran las principales enfermedades, que se reportan en el Municipio de Ixtacamaxtitlán, con datos del Hospital Integral; se puede observar en la Tabla IV.95, que la principal causa de morbilidad se da por infecciones respiratorias agudas, seguido de la hipertensión arterial y la diabetes melitus II.

Tabla IV.95. Morbilidad en Ixtacamaxtitlán 2016

Morbilidad	
Infecciones Respiratorias Agudas	700
Hipertensión arterial	450
Diabetes Melitus II	360
Enfermedades Diarreicas Agudas	200
Gastritis	200

Fuente: Hospital Integral Ixtacamaxtitlán, Puebla

En 2016 en el Hospital general de Ixtacamaxtitlán sólo se reportaron 4 fallecimientos de personas atendidas en este espacio (ver Tabla IV.96), la dependencia informó que únicamente llevan registros

de los fallecimientos en su Hospital, ya que son las únicas actas que se levantan por defunción de las que se tienen conocimiento.

Tabla IV.96. Defunciones en El Hospital general de Ixtacamaxtitlán en el periodo del año 2016.

Defunciones para el año 2016		
Ixtacamxtitlán	2	Complicaciones de Diabetes Melitus Tipo II
	1	Cancer de Mama
Tatempango	1	Cancer de Próstata

Fuente: Hospital Integral Ixtacamaxtitlán, Puebla.

#### IV.3.3.16. Aspectos económicos

##### Actividades productivas

Para la población del Estado de Puebla, el sector de actividad económica preponderante es el sector terciario que abarca de manera general al transporte, sanidad, comercio, turismo, ocio, cultura, administración, mismo que aumentó de 2000 a 2015 un 12.45%, en Ixtacamaxtitlán el incremento fue de 0.83%. El sector secundario compuesto por la industria manufacturera, comprende la artesanía, industria, construcción y la obtención de energía, decreció de 2000 a 2015 en 1.62% a nivel estatal, mientras que para el Municipio de Ixtacamaxtitlán decreció 2.62%. Finalmente, el sector primario que comprende la agricultura, ganadería, silvicultura, apicultura, acuicultura, caza, pesca y explotación forestal, decreció un 8.85% en el estado, contrario a Ixtacamaxtitlán, que incrementó en 3.37% y representa el 72.8% de las actividades económicas. Como se muestra en la Tabla IV.97.

Tabla IV.97. Población ocupada en relación a los sectores económicos.

Año	Entidad o Municipio	SECTOR ACTIVIDAD ECONÓMICA			Trabajadores asalariados	Trabajadores no asalariados
		Primario	Secundario	Terciario		
2015	Ixtacamaxtitlán	72.8	10.36	15.64	44.13	53.86
	Total de la Entidad	18.77	26.79	53.41	69.29	29.68
2000	Ixtacamaxtitlán	69.43	12.98	14.81	51.6	48.4
	<b>Total de la Entidad</b>	27.62	28.41	40.96	85.92	14.08

Fuente: INEGI conteo de población y vivienda ITER 2000, 2005, 2010, encuesta intercensal 2015.

[http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx)

<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>

##### Ingreso Per cápita por rama de actividad productiva.

De las personas que recibían un salario mínimo (s.m.) en el periodo de 2000 a 2015 en el Estado de Puebla, se observa en la Tabla IV.98 que los que percibían un salario decrecieron 3.75%, los de dos salarios decrecieron 1.29%, sin embargo, aumentaron los perceptores de tres salarios mínimos 12.46%.

Tabla IV.98. Ingreso por trabajo.

Año	Entidad, Municipio.	Ingreso por trabajo		
		Hasta 1 s.m.	Hasta 2 s.m.	Hasta 3 s.m.
2015	Ixtacamaxtitlán	45.47	21.05	9.25
	Total de la Entidad	17.84	34.32	39.71

Año	Entidad, Municipio.	Ingreso por trabajo		
		Hasta 1 s.m.	Hasta 2 s.m.	Hasta 3 s.m.
2000	Ixtacamaxtitlán	47.77	30.47	10.45
	Total de la Entidad	21.59	35.61	27.25

Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda Iter 2000, Encuesta Intercensal 2015

En el municipio de Ixtacamaxtitlán las personas que recibían un salario mínimo en el mismo periodo también decrecieron 2.3%, sin embargo, siguen siendo la mayoría de la población trabajadora que percibe solo un salario mínimo con el 45.47%, los que perciben dos salarios mínimos también decrecieron 9.42% y hasta tres salarios mínimos decrecieron 1.2%. Cabe señalar que durante el periodo de 2010 a 2015 el Municipio de Ixtacamaxtitlán decreció en cuanto a la percepción de salarios (ver Tabla IV.99).

Tabla IV.99. Servicios de Administración Tributaria.

Cuadro histórico de los salarios mínimos (1990 - 2017)				
Vigencia	Zona Única	Zona A	Zona B	Zona C
01/01/2017	80.04	--	--	--
01/01/2016	73.04	--	--	--
01/10/2015	70.10	--	--	--
01/04/2015		70.10	68.28	--
01/01/2015		70.10	66.45	--
01/01/2014		67.29	63.77	--
01/01/2013		64.76	61.38	--
27/11/2012		62.33	59.08	--
01/01/2012		62.33	60.57	59.08
01/01/2011		59.82	58.13	56.7
01/01/2010		57.46	55.84	54.47

Fuente: [http://www.sat.gob.mx/informacion\\_fiscal/tablas\\_indicadores/Paginas/salarios\\_minimos.aspx](http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/tablas_indicadores/Paginas/salarios_minimos.aspx)

### Condición de la población en relación al trabajo

En el Municipio de Ixtacamaxtitlán la razón de dependencia por edad es de 57.5, existen 57 personas en edad de dependencia por cada 100 en edad productiva, si bien la edad productiva según el INEGI la tiene contemplada desde los 12 años y más, en nuestra área de influencia tomaremos en cuenta a las personas en edad laborable que son las mayores de 18 años, que son 2 376 personas y representan el 47.43 % de la población de nuestra área de influencia.

En las siguientes (Tabla IV.100 y Tabla IV.101 se dan a conocer los porcentajes por cada grupo en relación a su situación laboral:



Tabla IV.100. Población económicamente inactiva, relación hombres – mujeres en Ixtacamaxtitlán.

Estado de la Población en relación a su actividad	Ixtacamaxtitlán	Ixtacamaxtitlán (%)	Área de influencia	%Área de influencia en relación al Municipio
Población Económicamente Inactiva (PEI)	10 241	40.44	2 032	19.84
PEI Masculina	2 047	8.08	369	18.03
PEI Femenina	8 194	32.35	1 663	20.30

Fuente: INEGI conteo de población y vivienda ITER 2000, 2005, 2010, encuesta intercensal 2015.

La población económicamente inactiva en el Municipio de Ixtacamaxtitlán es del 40.44%, para el área de influencia la población económicamente inactiva representa el 19.84% en relación al total de la PEI del Municipio.

Tabla IV.101. Población ocupada, relación hombres – mujeres.

Estado de la Población en relación a su actividad	Ixtacamaxtitlán.	Ixtacamaxtitlán (%)	Área de influencia.	%Área de influencia en relación al Municipio.
Población ocupada	7 921	31.28	1 682	21.23
Pob. Masculina ocupada	6 687	26.40	1 418	21.21
Pob. Femenina ocupada	1 234	4.87	264	21.39

Fuente: INEGI conteo de población y vivienda ITER 2000, 2005, 2010, encuesta intercensal 2015.

La población ocupada en el Municipio de Ixtacamaxtitlán fue del 31.28% y del área de influencia es del 21.23% Los hombres son mayoría en relación a las mujeres con una ocupación del 26.40%.

#### IV.3.3.17. Factores socioculturales.

##### Religión

La mayoría de la población del Municipio es de religión católica, como lo observamos en la Tabla IV.102, con el 98.45% y en el área de influencia de 99.74% de la población.

Tabla IV.102. Población según su creencia religiosa en el estado de Puebla, Municipio de Ixtacamaxtitlán y área de influencia del proyecto Ixtaca.

Área	Población total	Población Católica (absoluto y %)		Población no católica (absoluto y %)		Población otras religiones (absoluto y %)		Población otra religión (absoluto y %)	
		absoluto	%	absoluto	%	absoluto	%	absoluto	%
Área de Influencia	1 957	1 952	99.74	3	0.15	0	0	0	0.00
Ixtacamaxtitlán	25 326	24 934	98.4	272	1.07	1	0.004	26	0.10
Estado de Puebla	5 779 829	5 104 948	88.32	429 436	7.43	10 847	0.19	10 4271	1.80

Fuente: Censo de Población y vivienda 2010.

Muchas de las festividades culturales del Municipio de Ixtacamaxtitlán se presentan en la Tabla IV.103, a excepción de la peregrinación a la basílica de Guadalupe y la peregrinación del señor de la Buena muerte.

Tabla IV.103. Festividades culturales calendarizadas del área de influencia del Proyecto de Mina Ixtaca.

Festividades del área de influencia del Proyecto Ixtaca		
Localidad	Festividad Patronal	Fecha de festividad
Ahuateno	San Pedro y San Pablo	29 de junio
Almeya	San Isidro	15 de mayo
Almonamique	Santa Teresa	15 de octubre
Cruz de Ocote	Señor de las Maravillas	Siguiente domingo después del domingo de resurrección.
El Encanto	San Juan	24 de junio
Ixtacamaxtitlán	San Francisco	04 de octubre
Ixtacamaxtitlán	San Francisco	04 de octubre
La Vega	Virgen de Guadalupe	12 de enero
Loma Larga	Virgen del Carmen	16 de julio
Santa María Zotoltepec	Virgen de la Candelaria y Virgen de la Asunción	02 de febrero y 15 de agosto
Tuligtic (San Miguel)	San Miguel	29 de septiembre
Zacatepec	Sagrada Familia	25 de diciembre

Fuente: Investigación propia

Como está reportado en el Plan Municipal de Desarrollo Ixtacamaxtitlán 2014-2018, la fiesta principal del Municipio se celebra el 4 de octubre en honor a San Francisco de Asís con danzas, procesiones, juegos pirotécnicos y feria. El primero y dos de noviembre, se realiza la celebración de Todos Santos y Fieles Difuntos, con ofrendas y visitas al cementerio. La Semana Santa se celebra con tradicional devoción y actos de presentación de la misma.

#### Espacios colectivos

Las comunidades cuentan con su cancha de futbol y/o básquet, así como con su iglesia siendo estos espacios de uso colectivo los cuales se encuentran fuera del área de proyecto.

#### Identificación de comunidades indígenas

De acuerdo con los datos de Población en hogares censales indígenas proveniente de los Principales resultados por localidad (ITER) Puebla, INEGI 2010, Principales resultados sobre localidades con menos de 5 mil habitantes Puebla, INEGI 2010, así como de la información existente en los Catálogos de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), encontrando discrepancias entre ambas bases de datos, tal como se muestra en la siguiente Tabla IV.104.

Tabla IV.104 Presencia de comunidades indígenas en el área de influencia

Localidad	Población total	Población en hogares censales indígenas (INEGI)	Población indígena (catálogos CDI)
Santa María Zotoltepec	431	24	24
Zacatepec	243	13	NA
Loma Larga	120	0	NA
Almonamique	39	0	NA

Localidad	Población total	Población en hogares censales indígenas (INEGI)	Población indígena (catálogos CDI)
Almeya	86	0	NA
La Vega	73	0	1
Tuglitic	226	3	3
Ahuateno	165	12	12
Cruz de Ocote	98	3	3
El Encanto	89	0	NA
Ixtacamaxtitlán	328	56	56
Ixtacamaxtitlán	59	10	11
Total	1,957	121	110

De conformidad con los Catálogos de la CDI, el municipio de Ixtacamaxtitlán está considerado como “Municipio con presencia indígena”, mientras que 7 localidades (Santa María Zotoltepec, La Vega, Tulgitic, Cruz de Ocote, Ahuateno, San Francisco, e Ixtacamaxtitlán) están catalogadas como “Localidad de menos de 40%”. El Municipio de Ixtacamaxtitlán está considerado dentro de la región “Sierra Norte de Puebla y Toconapan”. Sin embargo, como se menciona en el propio Catálogo de Regiones Indígenas, la división administrativa municipal no necesariamente corresponde con el área que abarcan las regiones indígenas, ya que los criterios utilizados para la definición de una región indígena no están relacionados al área en la que se ha dividido administrativamente el país.

#### *Etnicidad en Ixtacamaxtitlán*

El Municipio de Ixtacamaxtitlán es totalmente considerado rural por las características de su población y por su forma de organización social. Ixtacamaxtitlán no presenta ningún tipo de práctica prehispánica ni organización social distinta a la democrática nacional. Los usos y costumbres del Municipio son típicos de una población mexicana rural.

En el estado de Puebla, la población hablante de alguna lengua indígena en el censo de población 2010 representó el 10.68%. para el municipio de Ixtacamaxtitlán el INEGI reporta que el 11.06% de la población es considerada indígena, mientras que para el área de influencia del Proyecto Ixtaca representa solamente el 2.3%% de la población total (Tabla IV.105).

*Tabla IV.105. Población hablante de lengua indígena en Ixtacamaxtitlán y el área de influencia del Proyecto Ixtaca.*

Localidades, municipio y entidad.	Población total a 2010	Población de 3 años y más hablante de lengua indígena 2010	% de Población de 3 años y más hablante de lengua indígena 2010
Total de la Entidad	5 779 829	617 504	10.68
Total del Municipio	25 326	2 802	11.06
Total área de influencia.	<b>1 957</b>	<b>45</b>	<b>2.3</b>
Ixtacamaxtitlán*	328	18	5.49
Ahuateno	165	9	5.45
Cruz de Ocote	98	2	2.04
Loma Larga	120	0	0
Santa María Zotoltepec	431	7	1.62
Tulgitic (San Miguel)	226	1	0.44
Almeya	86	0	0

Localidades, municipio y entidad.	Población total a 2010	Población de 3 años y más hablante de lengua indígena 2010	% de Población de 3 años y más hablante de lengua indígena 2010
Almonamique	39	0	0
El Encanto	89	0	0
Zacatepec	243	2	0.82
La Vega	73	1	1.37
Ixtacamaxtitlán*	59	5	8.47

Fuente: ITER 2010 INEGI.

\*El Marco Geoestadístico Nacional menciona dos localidades con el mismo nombre "Ixtacamaxtitlán", una con clave geoestadística "210830001" que es la cabecera municipal y cuenta con 328 habitantes, y otra con clave geoestadística "210830148" que tiene 59 habitantes. Cabe señalar que, en la realidad, ambas localidades están juntas, por lo que la distinción en campo es inexistente

Según la encuesta intercensal 2015 de INEGI, el municipio de Ixtacamaxtitlán a nivel estatal en relación a su población hablante de lengua indígena se encuentra en el lugar número 106. El 31.04% de su población se considera indígena, el 1.28 % se considera en parte, el 66.68% no se considera indígena (ver Figura IV.21).

Del total de la población mayor a tres años y más en Ixtacamaxtitlán, según la encuesta intercensal 2015, los hablantes de alguna lengua indígena fueron 2 341.91 que representa el 10.15%. El porcentaje que no habla ninguna lengua indígena representa el 89.84% del total de la población de tres años y más, no hay población que se considere afrodescendiente.

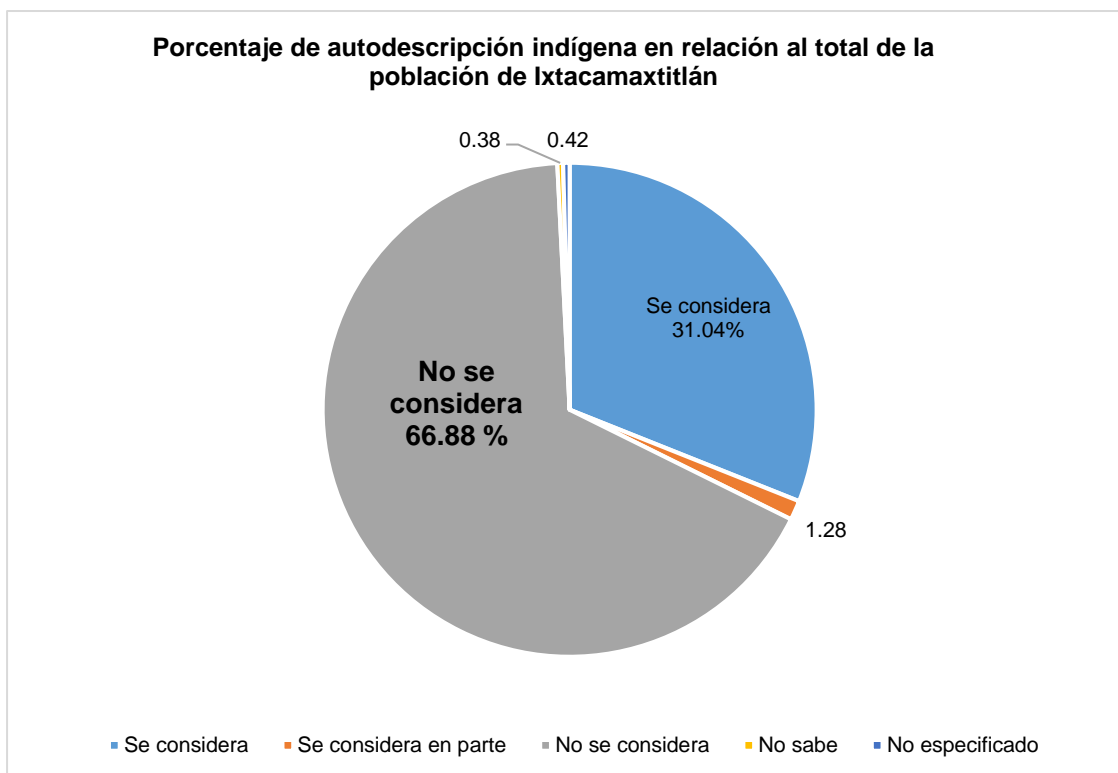


Figura IV.21 Porcentaje de autodescripción indígena en la población de Ixtacamaxtitlán.

Fuente: Elaboración propia encuesta intercensal 2015.

Derivado del trabajo de campo se concluye que no se identificaron comunidades indígenas ni el habla de lenguas originarias dentro del área influencia de proyecto. Tampoco se identificaron autoridades tradicionales. Ninguno de los entrevistados mencionó tener autoadscripción indígena, ni conocer a habitantes de las localidades del área de influencia que la tuvieran (salvo el caso del inmigrante que viviría en Tuglitic a quien no fue posible identificar en campo). Como se mencionó anteriormente, únicamente se identificó a una mujer adulta mayor en la localidad de Zacatepec, quien aun a pesar de conocer la lengua náhuatl, ya no la practica, y considera no tener autoadscripción a ninguna etnia indígena.

#### IV.4. Diagnóstico ambiental

El diagnóstico ambiental es el resultado del análisis de la situación actual del SAR, en este se identifican los factores relevantes y/o áreas sensibles en el funcionamiento del sistema biofísico donde se encuentra inmerso el proyecto. Con base en todo lo antes expuesto, se presenta una síntesis que permite interpretar el estado actual del SAR en estudio, a fin de determinar la calidad ambiental actual del sitio y la tendencia de sus procesos considerando el deterioro natural y el grado de conservación actual.

Con base en la publicación denominada *“Introducción a los servicios ambientales”* (SEMARNAT, 2003)<sup>29</sup>, se define a los servicios ambientales como: *son los beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas ponen a disposición de la sociedad, ya sea de manera natural o por medio de su manejo sustentable*. Siendo estos intangibles y su utilización es indirecta.

Entre los principales servicios ambientales destacan los siguientes:

1. Regulación del clima y del amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales
2. La provisión de agua en calidad y cantidad suficientes
3. La generación de oxígeno
4. El control de la erosión, así como la generación, conservación y recuperación de suelos
5. La captura de carbono y la asimilación de diversos contaminantes
6. La protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y las formas de vida
7. La polinización de plantas y el control biológico de plagas
8. La degradación y el reciclaje de desechos orgánicos
9. La belleza del paisaje y la recreación

La producción de los servicios ambientales se sustenta en el buen funcionamiento de los diferentes ecosistemas, por lo tanto, todo ecosistema presentan funciones específicas como resultado de la interacción de sus componentes vivos (organismos productores y consumidores) y sus elementos no vivos o abióticos. Dichas funciones (procesos particulares de naturaleza química, física, biológica y ecológica) pueden clasificarse en cuatro categorías, vease Tabla IV.106

---

<sup>29</sup> Recurso disponible en línea. Consultado el 20 de abril de 2018.  
[https://www.researchgate.net/publication/304629727\\_Introduccion\\_a\\_los\\_servicios\\_ambientales](https://www.researchgate.net/publication/304629727_Introduccion_a_los_servicios_ambientales)

Tabla IV.106. Funciones de los ecosistemas

Funciones de los ecosistemas			
Funciones de regulación	Funciones de hábitat	Funciones de producción	Funciones de información
Se relacionan con la capacidad natural de los ecosistemas para ajustar y mantener procesos ecológicos esenciales en el mantenimiento de la vida. Como ejemplo están todos los ciclos naturales de la materia (biogeoquímicos), incluidos los del agua, carbono, oxígeno y nitrógeno. El mantenimiento de estos ciclos es importante en términos ecológicos	Los ecosistemas proveen a plantas, animales y microorganismos de espacio para el refugio, la reproducción u otras fases de su ciclo biológico. Estas funciones son fundamentales para el mantenimiento de la diversidad biológica y genética in situ.	Se refieren principalmente a la biomasa que producen los organismos vivos, e incluyen procesos de fijación de nutrientes, conversión de energía (solar a química) y transformación de energía en materia (sobre todo producción de carbohidratos).	Son las funciones relacionadas con los mecanismos de la herencia, las que resultan de la evolución natural de las especies. Constituyen todo el reservorio genético de la vida. Incluyen también la información de la interacción de los organismos con su entorno, información que se almacena a lo largo del tiempo.

En resumen las funciones y recursos de los ecosistemas existentes en el SAR dan origen a los servicios ambientales cuando son aprovechados por el ser humano. Así, para que las funciones de los ecosistemas adquieran el carácter de servicios ambientales, es necesario que existan usuarios de dichas funciones.

De acuerdo a las definiciones de las funciones ambientales presentadas en la Tabla IV.106, las funciones y servicios ambientales que se tienen presentes en el AP y SAR se mencionan en la siguiente Tabla IV.107.

Tabla IV.107. Descripción de las funciones y servicios ambientales en el AP

Función	Descripción
Regulación	La vegetación presente en el AP es considerada como bosque de encino y bosque de Pino-encino, de acuerdo a la carta de uso de suelo y vegetación Serie V de INEGI. Por lo que se considera que sirve eficientemente para ajustar y mantener procesos ecológicos esenciales. Esto es, los flujos de materia y energía se mantienen, dando continuidad a los ciclos biogeoquímicos.
Hábitat	Derivado de los recorridos en campo, se avistaron áreas utilizadas como siembras, agostaderos y pastizales. Considerando el la degradación de estas áreas, se considera que el Área de Proyecto sigue proviendo un hábitat para las diferentes especies, incluyendo aquellas que se encuentran en algún estatus de riesgo, en términos de funcionar como área de alimentación, reproducción, crianza y refugio.
Producción	De manera general, el tipo de vegetación que prevalece en el AP es el pastizal Inducido y la vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate, dominado por las especies ( <i>Juniperus deppeana</i> y <i>Pinus pseudostrobus</i> ), si bien aunque la cobertura vegetal se considera en el poco densa, a pesar de ello, ofrecen esta función, su sola presencia indica que el ecosistema es productivo.
Información	La diversidad encontrada tanto en vegetación como en fauna, permite valorar el área como reservorio genético.

Si bien con base en la descripción realizada a los largo del presente Capítulo, es factible realizar un diagnóstico más complejo de la problemática ambiental en el Sistema Ambiental Regional, los aspectos relevantes se pueden concretar en pocos componente para hablar de sus características o estado actual, vease la siguiente Tabla IV.108.

*Tabla IV.108 Estado actual de los componentes en el SAR*

Componente	Descripción
<b>Aire</b>	<p>Conviene mencionar que las actividades productivas en el municipio de Ixtacamaxtitlan y SAR son principalmente actividades del sector terciario, por lo que no se detectan fuentes fijas de contaminación atmosférica.</p> <p>Por otra parte, dentro del área de estudio (SAR y AP) no existen estaciones de monitoreo institucionales para monitorear la calidad del aire. Ello no es causa para suponer una calidad del aire buena, en función de que la topografía es accidentada, lo que dificulta la dispersión de contaminantes (polvo de los caminos de terracería y el tránsito local).</p>
<b>Uso del Suelo</b>	<p>La vegetación dominante presente en el SAR corresponde al bosque de pino ocupando una superficie de 3 077.66 ha equivalente al 22.21% de la superficie del SAR, el segundo tipo de vegetación corresponde a agricultura de temporal y agricultura de temporal y anual con una ocupacion de superficies de 2 674.59 ha (19.30%) y 2 672.70 (19.29%), repectivamente.</p> <p>Para el AP el tipo de vegetación predominante corresponde a vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate ocupando una superficie de 678.34 ha equivalente al 64.97%, el segundo tipo de vegetación, al igual que en el SAR, corresponde al vegetación de agricultura de temporal anual y a gricultura de temporal anual y permanente, ocupando 191.48 ha (18.34%) y 88.93 ha (8.52%), respectivamente. Finalmente el ultimo tipo de vegetación corresponde a pastizal inducido ocupando 84.71 ha (8.11%).</p> <p>Por otra parte, la pérdida de suelo (erosion hídrica + eólica=tierras fragiles), en el SAR se presenta una fragilidad de tierras moderada (33.08%) a muy alta (37.08%), extendida por todo el SAR. En la categoria moderada se pierden de 10-50 toneladas de suelo/ha/año, mientras que en la categoría muy alta se pierden más de 200 toneladas de suelo/ha/año. En el AP la categoría que se presenta cubriendo mayor parte de su superficie (46.38%) es la moderada.</p>
<b>Agua superficial y subterránea</b>	<p><b>Agua superficial:</b> en referencia al SAR, se reconoce el desarrollo de una incipiente red hídrica determinada como de tipo drenaje dendrítico Los ríos que se encuentran en las cercanías del SAR son el río Lobos, que se encuentra a 2.5 km al sur del AP, el río Texocoapa a 4 km al norte del AP, río Zitlacuautla a 7 km al noroeste del AP y el río Apulco a 2.4 km al suroeste del AP.</p> <p>El municipio de Ixtacamaxtitlán se abastece de aguas superficiales, las fuentes de abastecimiento mayoritarias son los manantiales (22). No existe ningún pozo para la extracción de agua subterránea (INEGI, 2015).</p> <p>De acuerdo con los estudios realizados por el promovente, el agua dentro del AP se clasifica generalmente como neutra a ligeramente básica, dura a muy dura, con turbidez variable y sólidos suspendidos totales (TSS). La turbidez y el TSS aumentaron de aguas arriba a aguas abajo en las cuencas de Coxalenteme y El Tecolote y excedieron los estándares de calidad de agua relevantes en algunos sitios. Las concentraciones totales y disueltas de algunos metales (aluminio, cobre, hierro cromo y plomo) aumentaron de aguas arriba a aguas abajo en la cuenca El Tecolote y en la cuenca Coxalenteme.</p> <p><b>Agua Subterránea:</b> el proyecto no tiene considerado utilizar agua subterránea en ninguna etapa, por lo tanto, no pone en riesgo el volumen disponible reportado por CONAGUA. Por otra parte, las actividades socioeconómicas de la región, como es</p>



Componente	Descripción
	<p>el caso de la actividad agrícola, dependen en gran medida de la descarga natural del acuífero (a través del flujo base hacia el Río Tecolutla)<sup>30</sup>..</p> <p>Es evidente el riesgo de contaminación por las fuentes potenciales, principalmente por las actividades agrícolas que usan fertilizantes y agroquímicos, en menor proporción por la descarga de aguas residuales sin tratamiento y por la falta de sistemas de alcantarillado, así como por la presencia de basureros y gasolineras.</p> <p>Respecto a la calidad del agua subterránea de acuerdo a los resultados mencionados en el estudio de prefectibilidad El agua subterránea en el área del proyecto se caracteriza generalmente como pH neutro a ligeramente básico, alcalino con una fuerte capacidad de amortiguación y dureza variada.</p>
<p><b>Vegetación</b></p>	<p>El total de las especies de flora registradas son 103, de las cuales en el SAR se registraron 88 especies. De manera general la diversidad presentada en el SAR fue media. Las vegetaciones naturales presentes como son el Bosque de pino y el Bosque de táscate presentaron cierto grado de perturbación debido a la actividad antropogénica ya sea por presencia de agricultura o actividad ganadera que fue observada en el lugar y cuya alteración se puede evidenciar en el análisis por la presencia de especies de maleza. La vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate es la comunidad mas diversa con más especies de malezas presentes. El tipo de vegetación dominante en el Área de Proyecto es vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate, también encontramos pastizal y zonas de agricultura temporal y anual. En esta área se encontraron 60 especies de las cuales se comparten 45 con el SAR.</p> <p>Tanto en SAR como en AP solo se reporta una (1) especie en categoría de protección especial, <i>Cupressus lusitánica</i> por la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>
<p><b>Fauna silvestre</b></p>	<p>De acuerdo con los registros directos e indirectos obtenidos durante el trabajo de campo, la fauna silvestre registrada total es de 117 especies (6 anfibios, 15 reptiles, 25 mamíferos y 71 aves)</p> <p>Para el SAR, 107 especies (21 especies de herpetofauna, 24 mamíferos, y 62 aves), de las cuales solo 9 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo.</p> <p>Para el AP, 34 especies (10 especies de herpetofauna, 10 mamíferos, y 34 aves), cuatro especies de herpetofauna (las mismas que en el SAR) y tres aves en categoría de riesgo. Todas las especies en riesgo tienen actualmente una amplia distribución geográfica. Finalmente 3 especies dentro de la Lista de especies prioritarias para la conservación.</p>
<p><b>Residuos</b></p>	<p>El sitio donde se localiza el Proyecto no cuenta con la infraestructura para recolectar, separar, tratar y disponer los diferentes tipos de residuos que se genera en las localidades cercanas al proyecto.</p> <p>El promovente actualmente implementará un programa de manejo para la totalidad de los residuos generados en el proyecto Ixtaca, además dicho proyecto considera un almacen de residuos peligrosos y de manejo especial con las medidas de seguridad establecidas en las leyes, reglamentos y normas.</p> <p>La recolección, transporte y disposición de residuos peligrosos y de manejo especial será a través de un terecer autorizado.</p>

<sup>30</sup> ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de las aguas nacionales subterráneas del acuífero Tecolutla, clave 3002, en el Estado de Veracruz, Región Hidrológico-Administrativa Golfo Centro. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5440062&fecha=06/06/2016](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5440062&fecha=06/06/2016)

Componente	Descripción
<b>Paisaje</b>	<p>Para realizar la evaluación, se dividió el SAR en unidades paisajísticas, se obtuvieron 20 unidades de paisaje, con las cuales se procedió a evaluar el impacto paisajístico del proyecto por medio de tres aspectos: visibilidad, calidad visual y fragilidad visual del proyecto en el SAR.</p> <p>El 56.76% del total del SAR es impactado visualmente por el proyecto.</p> <p>Los grados de calidad visual con mayor presencia son media-baja y baja, ocupando el 60.26% y 38.24% del total del SAR, respectivamente, la mayor parte del SAR presenta una baja calidad visual.</p> <p>Los resultados obtenidos indican que el 100% del área del SAR presenta una baja fragilidad paisajística por lo que, el paisaje será poco susceptible a los cambios que puedan realizarse en él.</p>

Considerando la situación actual y en su caso, las características (cuantitativas y cualitativas) presentadas de los recursos bióticos y abióticos presentes en el AP, se presenta en la Tabla IV.109 los servicios ambientales obtenidos de estos así como las afectaciones que pudiera causar el proyecto.

*Tabla IV.109 Resumen de impactos sobre los servicios ambientales*

Servicio ambiental	Función	Afectación
Provisión de agua en calidad y cantidad	Regulación de los flujos hidrológicos, como la provisión y cantidad de agua.	<p>No hay afectación</p> <p>La disponibilidad media anual de agua subterránea de 36.48 Mm<sup>3</sup> anuales, de acuerdo al balance hídrico determinado por CONAGUA para el acuífero Tecolutla.</p> <p>Respecto a la calidad de agua, hay riesgo de que el agua se contamine principalmente por sustancias químicas utilizadas en las actividades agrícolas.</p> <p>Se considera que no hay afectación a este servicio por parte del proyecto, ya que como se ha mencionado con anterioridad, el proyecto utilizará agua pluvial para sus procesos de operativos, en cuanto a la calidad dependerá en buena medida de manejo que se le de a los suelo y actividades agrícolas.</p>
Captura de carbono y contaminantes	Regulación de composición química atmosférica.	<p>Afectación poco significativa.</p> <p>En el AP se reportaron tipos de vegetación que han sido impactadas, es decir vegetaciones con sucesión secundaria (64.97% de vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate).</p> <p>Independientemente del tipo de vegetación, tan solo con su presencia y desarrollo de esta hay garantía de que la captura de carbono se lleva a cabo a través del proceso de fotosíntesis.</p>
Regulación de clima	Regulación del clima local, precipitación y otros procesos climáticos.	<p>No hay afectación.</p> <p>Si bien la vegetación ayuda a crear microclimas, el tipo de vegetación que encontramos en el AP no es determinante para que modifique o altere la regulación del clima, como sabemos la latitud, altitud, relieve,</p>

Servicio ambiental	Función	Afectación
		diatancia al mar, dirección de los vientos, entre otros pueden determinar engran medida la regulación de clima y precipitación.
Amortiguamiento del impacto a los fenómenos naturales	Capacidad que tiene el ecosistema de dar respuesta y adaptarse a fluctuaciones ambientales.	Afectación poco significativa.  Este amortiguamiento se va dando ante la presión de los cambios, es decir de forma gradual ante la escasez de agua, cambio climático y cambio de uso del suelo que existe en el SAR.
Protección y regulación de suelos	Retención del suelo dentro de la zona.	Afectación poco significativa.  Como ya se mencionó en el SAR y AP se presenta erosión de tipo natural en diferentes categorías, sin embargo, no se considera que con el proyecto aumente estas categorías dado que se procurará implementar mendas de prevención y mitigación para este parámetro ambiental durante toda la vida del proyecto.
Protección a la biodiversidad, ecosistemas y formas de vida	Producción bruta primaria extractable de materia prima y un equilibrio del ecosistema por todos sus actores naturales.	No hay afectación  Dada la cercanía a zonas pobladas, así como el tamaño de la superficie a afectar, con respecto al SAR, permiten concluir que NO habrá afectación significativa.
Paisaje y recreación	Paisaje natural y adecuado. Proveer oportunidades para actividades de recreación	No hay afectación  Si bien la construcción del proyecto traerá cambios en el paisaje y relieve, Minera Gorrión implementará de manera paralela a la operación del proyecto acciones que permitan mitigar este impacto, esto permitirá que a un plazo mediano-lago el paisaje no se perciba impactado.

## ANEXOS

## **Anexo IV.1. Lista sistemática de especies potenciales**

## **Anexo IV.2. Fotografías de especies de fauna registradas**

**Anexo IV.3. Distribución geográfica de especies consideradas en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNTA-2010.**

**Anexo IV.4. Tabla de la distribución geográfica de las especies de aves registradas**  
**No se encontraron entradas de tabla de contenido.**





CORPORACIÓN AMBIENTAL DE MÉXICO

Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.  
Patricio Sanz #1609, Torre 2, Piso 6  
Col. Del Valle Sur, Del. Benito Juárez  
Ciudad de México, C.P. 03100  
[mexico@cam-mx.com](mailto:mexico@cam-mx.com)  
Tels. +52 (55) 5538.0727  
+52 (55) 5538.4693

## CAPÍTULO V. ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

### Contenido

V.1. Descripción del Proceso.....	7
V.1.1. Bases de Diseño .....	7
V.1.1.1. Proyecto Civil .....	8
V.1.1.2. Proyecto Mecánico.....	12
V.1.1.3. Proyecto Eléctrico .....	16
V.1.1.4. Proyecto sistema contra incendios.....	20
V.1.2. Descripción Detallada del Proceso.....	24
V.1.3. Distribución y Manejo de Reactivos Químicos.....	33
V.1.4. Materias Primas, Productos, y Subproductos manejados en el Proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas.....	39
V.1.4.1 Hojas de Seguridad.....	43
V.1.5. Almacenamiento.....	52
V.1.6. Equipos de Proceso y Auxiliares .....	55
V.1.7. Pruebas de Verificación.....	59
V.1.8 Condiciones de Operación .....	62
V.1.8.1 Balance de Materia .....	62
V.1.8.2. Temperaturas y Presiones de Diseño y Operación .....	64
V.1.8.3. Características del Régimen Operativo de la Instalación (Continuo o por Lotes)...	64
V.1.8.4. Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con Base en la Ingeniería de Detalle y con la Simbología Correspondiente .....	65
V.1.9. Sistemas de Aislamiento .....	66
V.2. Análisis y Evaluación de Riesgos.....	67
V.2.1. Antecedentes de Accidentes e Incidentes .....	67
V.2.2. Metodologías de Identificación y Jerarquización.....	72
V.2.2.1. Selección y Descripción de Metodologías .....	72
V.2.2.2. Metodología Empleada para la Evaluación de los Riesgos Ambientales .....	74
V.2.2.3 Identificación y Jerarquización de Riesgos Ambientales .....	76
V.2.2.4. Análisis de Riesgo y Operabilidad HAZOP .....	83
V.2.2.5. Jerarquización de Riesgos. Matriz de Riesgos.....	114
V.2.2.6. Determinación de las Probabilidades de Ocurrencia .....	118
V.3. Descripción de las Zonas de Protección entorno a las Instalaciones.....	124
V.3.1. Radios Potenciales de Afectación .....	124
V.3.1.1. Estimación de Consecuencias .....	125
V.3.1.2. Simulación de Eventos de Riesgo.....	133
V.3.1.3. Criterios para la Simulación de Eventos.....	133
V.3.1.4. Interacciones de Riesgo.....	161
V.3.1.5. Efectos Sobre el Sistema Ambiental .....	164

V.4. Señalamiento de las Medidas de Seguridad y Preventivas en Materia Ambiental .....	165
V.4.1. Recomendaciones Técnico-Operativas .....	165
V.4.1.1. Sistemas de Seguridad .....	169
V.4.1.2. Medidas Preventivas .....	170
V.5. Resumen.....	176
V.5.1 Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental.....	176
V.5.2 Resumen de la Situación General que presenta el Proyecto en Materia de Riesgo Ambiental.....	178
V.5.3 Informe Técnico debidamente llenado .....	179
V.6. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que sustentan la información señalada en el Estudio de Riesgo Ambiental.....	180
V.6.1. Formatos de Presentación.....	180
V.6.1.1. Planos de localización.....	180
V.6.1.2. Fotografías.....	180
V.6.1.3. Videos.....	180
V.6.1.4. Otros anexos.....	180

## Tablas

Tabla V.1.1.1-1 Condiciones ambientales prevalecientes en el sitio.....	9
Tabla V.1.1.4-1 Cantidad de hidrantes y estaciones con manguera en el proyecto Minero Ixtaca .....	21
Tabla V.1.1.4-2 Equipo de protección contraincendios en cada área del proyecto Minero Ixtaca .....	21
Tabla V.1.3-1 Criterios de diseño de los reactivos químicos.....	34
Tabla V.1.3-2 Ubicación geográfica de los polvorines (1 y 2) .....	38
Tabla V.1.4-1 Mineral involucrado .....	39
Tabla V.1.4-2 Reactivos y sustancias a utilizar en la Planta de Beneficio del proyecto Minero Ixtaca .....	39
Tabla V.1.4-3 Cantidades de explosivos a emplear.....	40
Tabla V.1.4-4 Reactivos químicos y combustibles a utilizar en la operación del Proyecto Minero Ixtaca .....	41
Tabla V.1.4.1-1 Características de riesgo y propiedades del cianuro de sodio .....	44
Tabla V.1.4.1-2 Características de riesgo y propiedades del ácido clorhídrico al 30% .....	46
Tabla V.1.4.1-3 Características de riesgo y propiedades del ácido nítrico .....	49
Tabla V.1.5-1 Especificaciones del equipo de almacenamiento y proceso relacionado con las sustancias peligrosas .....	52
Tabla V.1.8.2-1 Condiciones operativas y estados físicos de las corrientes de proceso.....	64
Tabla V.2.2.2-1. Relación de metodologías para el análisis de riesgos ambientales de las sustancias consideradas en el proyecto .....	76
Tabla V.2.2.3-1 Matriz de jerarquización de riesgos del cianuro de sodio .....	78
Tabla V.2.2.3-2 Matriz de jerarquización de riesgos del ácido clorhídrico al 30% w/w .....	80

Tabla V.2.2.3-3 Matriz de jerarquización de riesgos del ácido nítrico al 65% w/w.....	82
Tabla V. 2.2.3-4 Casos donde intervienen las sustancias en el proyecto y eventos potencialmente riesgosos a ser evaluados.....	82
Tabla V.2.2.4-1. Nodo 1. Circuito de preparación y dosificación de solución de cianuro de sodio . .....	87
Tabla V.2.2.4-2. Nodo 2. Circuito de preparación y dosificación de solución de hidróxido de sodio .....	91
Tabla V.2.2.4-3. Nodo 3. Circuito de lixiviación .....	97
Tabla V.2.2.4-4 Nodo 4. Circuito de lavado ácido.....	102
Tabla V.2.2.4-5. Nodo 5. Circuito de despojo de carbón.....	105
Tabla V.2.2.4-6. Nodo 6. Destrucción de cianuros.....	110
Tabla V.2.2.5-1. Índice de severidad de las consecuencias. ....	114
Tabla V.2.2.5-2 Niveles de frecuencia (criterios de ocurrencia). ....	115
Tabla V.2.2.5-3 Índice de riesgo.....	116
Tabla V.2.2.5-4 Resumen de los escenarios de riesgo resultantes del Análisis HAZOP y Qué pasa si..? .....	116
Tabla V.2.2.6-1. Valores de probabilidad de falla .....	119
Tabla V.2.2.6-2 Resultados del nivel de riesgo y frecuencia de falla de los eventos accidentales identificados .....	123
Tabla V.3.1-1. Criterios para determinación de las zonas de riesgo y amortiguamiento. ....	125
Tabla V.3.1.1-1 Efectos a la salud por exposición con cianuro .....	128
Tabla V.3.1.1-2. Distancias de protección por generación de vapores de HCN.....	129
Tabla V.3.1.1-3. Distancias de protección por dispersión de vapores de cloruro de hidrógeno	130
Tabla V.3.1.1-4 Niveles de daños por exposición a radiación térmica. ....	131
Tabla V.3.1.1-5 Niveles de daños por sobrepresión .....	132
Tabla V.3.1.3.1-1 Características fisicoquímicas del cianuro de sodio y ácido cianhídrico .....	133
Tabla V.3.1.3.1-2 Características fisicoquímicas del ácido clorhídrico al 30% .....	134
Tabla V.3.1.3.1-3 Características fisicoquímicas del ácido nítrico al 65%.....	134
Tabla V.3.1.3.1-4 Características fisicoquímicas del diesel .....	135
Tabla V.3.1.3.1-5 Características fisicoquímicas del ANFO (nitrato de amonio + diesel).....	136
Tabla V.3.1.3.2-1. Clasificación de Pasquill.....	136
Tabla V.3.1.3.2-2. Condiciones meteorológicas en el sitio del proyecto .....	137
Tabla V.3.1.3.4-1 Base de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-HCN-01 .	138
Tabla V.3.1.3.4-2 Base de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-HCN-02	141
Tabla V.3.1.3.4-3 Base de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-HCI-01 ...	144
Tabla V.3.1.3.4-4 Base de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-HNO <sub>3</sub> -01	147
Tabla V.3.1.3.4-5 Base de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-DIE-01 ...	150

Tabla V.3.1.3.4-6 Resultados de las distancias de afectación por incendio en el área de almacenamiento de diésel.....	153
Tabla V.3.1.3.4-7 Resultados de las distancias de afectación por la detonación de explosivos.....	156
Tabla V.3.1.3.4-8 Resultados de las distancias de afectación de acuerdo con la magnitud de la vibración.....	157
Tabla V.3.1.3.4-9 Radios de afectación ante eventos potencialmente riesgosos en el proyecto Minero Ixtaca.....	160

## Figuras

Figura V.1.1.4-1 Arreglo General Sistema de Protección Contra Incendios Planta No. 100-40-21 Rev 0.....	23
Figura V.1.2-1. Diagrama General de Bloques del Proyecto Minero Ixtaca .....	32
Figura V.1.3-1 Diagrama de Flujo de Reactivos Hidróxido de Sodio y Cianuro de Sodio No. 800-PF-109 Rev 3 .....	37
Figura V.1.5-1 Arreglo general de planta indicado las principales áreas de almacenamiento y manejo de reactivos químicos y combustibles.....	54
Tabla V.1.6-1 Características de los equipos de proceso .....	55
Figura V.1.6-1 Arreglo general de áreas y ubicación de equipo principal de proceso y servicios... ..	57
Figura V.1.6-1 (continuación) Arreglo general de áreas y ubicación de equipo principal de proceso y servicios .....	58
Figura V.1.8.1-1 Balance de materia general del Proyecto Minero Ixtaca.....	63
Figura V.1.8.1-2 Diagrama de la solución cianurada y reactivos químicos .....	64
Figura V.2.2.3-1 Diagrama de flujo asociado a la preparación de la solución de cianuro de sodio .....	77
Figura V.2.2.3-2 Diagrama de flujo asociado a la preparación y distribución de la solución ácida (ácido clorhídrico).....	79
Figura V.2.2.3-3 Diagrama de flujo asociado a la preparación y distribución de la solución ácida (ácido nítrico) .....	81
Figura V.2.2.4-1 Diagrama lógico de ejecución del análisis HAZOP.....	84
Figura V.2.2.4-2 Nodos 1 y 2. Preparación y almacenamiento de soluciones de cianuro de sodio e hidróxido de sodio .....	86
Figura V.2.2.4-3 Circuito de lixiviación.....	95
Figura V.2.2.4-4 Circuito de lixiviación (continuación) .....	96
Figura V.2.2.4-5 Circuito de lavado ácido de carbón .....	101
Figura V.2.2.4-6 Circuito de despojo de carbón.....	104
Figura V.2.2.4-7 Circuito de detoxificación .....	109

Figura V.2.2.5-1 Matriz de Riesgos .....	115
Figura V.3.1-1 Gráfica de conversión de CN <sup>-</sup> a HCN .....	126
Figura V.3.1.3.4-1 Zonas de riesgo y amortiguamiento por dispersión de ácido cianhídrico en área preparación de solución cianurada. Escenario EV-HCN-01 .....	140
Figura V.3.1.3.4-2 Zonas de riesgo y amortiguamiento por dispersión de ácido cianhídrico en los tanques de lixiviación. Escenario EV-HCN-02 .....	143
Figura V.3.1.3.4-3 Zonas de riesgo y amortiguamiento por dispersión de ácido clorhídrico. Escenario EV-HCl-01 .....	146
Figura V.3.1.3.4-4 Zonas de riesgo y amortiguamiento por dispersión de ácido nítrico. Escenario EV-HNO <sub>3</sub> -01 .....	149
Figura V.3.1.3.4-5 Zonas de riesgo y amortiguamiento por derrame e incendio tipo alberca (poolfire) de diesel en el recipiente de la estación de servicio. Escenario EV-DIE-01 .....	154
Figura V.3.1.3.4-6. Zonas de riesgo y amortiguamiento por explosión en área de voladura. Escenario EV-EXP-01 .....	159

## **Anexos**

Anexo V.1. Hojas de datos de seguridad de los reactivos químicos y combustible a utilizar en el proyecto

Anexo V.2. Diagramas de tubería e instrumentación del proceso

Anexo V.3. Memorias de cálculos de los escenarios accidentales

Anexo V.4. Informe Técnico del Estudio de Riesgo Proyecto Minero Ixtaca



## V.1. Descripción del Proceso

### V.1.1. Bases de Diseño

El Proyecto Minero Ixtaca consiste en una mina de tajo abierto, instalaciones de proceso de mineral e instalaciones de infraestructura miscelánea y de apoyo. El diseño base considera una capacidad nominal instalada para el molino de 7 650 toneladas métricas por día, la cantidad real irá cambiando dependiendo del tipo de mineral e incrementándose en el quinto año.

La clasificación del mineral se realizará en el área de la mina en la planta de trituración para quitar los residuos de roca y mejorar la ley del mineral antes de la molienda.

La determinación de las operaciones de beneficio se realizará a través de los datos suministrados por una empresa de servicios metalúrgicos.

El trabajo de pruebas metalúrgicas seguirá las prácticas aceptadas por la industria, con objeto de ser técnicamente sólido y representativo para el depósito.

<i>Características de mineral</i>	Directo de la mina
Tamaño máximo de mineral directo de la mina, mm	1 000
Gravedad específica del mineral, diseño	2.64
Densidad de mineral, t/m <sup>3</sup> , diseño	Variable
Contenido de humedad de mineral, %, diseño	2
<i>Programa de Producción</i>	
Tasa de trituración, toneladas secas por año	4 410 000/365 = 12 082 t/día
Tasa de molienda, toneladas secas por año	2 800 000/365 = 7 650 t/día
<i>Programa de Operación de la Mina</i>	
Días por año	365
Horas por día	24
<i>Programa de Operación de Trituradora Primaria</i>	
Días por año	365
Horas por día	24
Porcentaje de utilización	73%
<i>Programa de Operación de Molino</i>	
Días por año	365
Horas por día	24
Porcentaje de utilización	93%
<i>Programa de Operación de Refinación</i>	
Días por año	365
Horas por día	24
Porcentaje de utilización	98%
<i>Programas de Tasa de Proceso</i>	
Trituración Primaria, tonelada por semana, promedio	84 560

$(3\ 748\ 000 / 365) \times 7$

Trituración Primaria, t/h, promedio 690  
 $((3\ 748\ 000) / (365 \times 24)) / 73\%$

Molienda, t/h, diseño 343  
 $((2\ 380\ 000 / (365 \times 24)) / 93\%$

#### V.1.1.1. Proyecto Civil

Los criterios de diseño para obra civil, de acero estructural, concreto y terracerías que regirán la Ingeniería para el “Proyecto Ixtaca, Ingeniería Básica, Planta de Procesamiento de Mineral”, se presentan a continuación:

##### A. Códigos y normas aplicables.

Todo diseño deberá cumplir con la última revisión aplicable de códigos y estándares de las organizaciones indicadas más adelante, incluyendo los códigos y normas identificados específicamente:

##### A.1 Códigos Generales de Diseño.

- MSHA. Mine Safety and Health Administration
- OSHA. Occupational Safety and Health Administration
- ASCE. American Society of Civil Engineers
- RCDF. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal Normas Técnicas Complementarias
- CFE. Manuales de Diseño de Obras Civiles
- NOM. Normas Oficiales Mexicanas
- DGN. Dirección General de Normas
- RCEP. Reglamento de Construcciones para el Estado de Puebla

##### Normas Técnicas

- ASTM. American Society for Testing and Materials
- AISE. Technical Report No. 13.
- Guide for the design and Construction of Mill Buildings
- ICMI. International Cyanide Management Code.

##### A.2 Códigos de Diseño Acero Estructural.

- AISC. American Institute of Steel Construction
- AWS. American Welding Society
- AISI. American Iron and Steel Institute
- Cold- Formed Steel Design
- API. American Petroleum Institute.
- IMCA. Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C. 5ta. Edición
- RCSC. Research Council on Structural Connections  
Specifications for Structural Joints Using High-Strength Bolts
- PIP. Process Industry Practices  
Structural Design Criteria



### A.3 Códigos de Diseño Concreto Estructural.

- ACI-318. American Concrete Institute  
Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural
- ACI-301. American Concrete Institute  
Especificaciones para la Construcción de Concreto Estructural
- ACI-315. American Concrete Institute  
Detalles y Detallado del Acero de Refuerzo del Concreto
- ACI-302. American Concrete Institute  
Construcción de Losas y Pisos de Concreto
- ACI-347. American Concrete Institute  
Guía para el Diseño y la Construcción de Cimbras
- ACI-224. American Concrete Institute  
Juntas en las Construcciones de Concreto
- ACI-207. American Concrete Institute

Las obras del proyecto serán diseñadas tomando en cuenta las condiciones ambientales que prevalecen en el sitio. Los parámetros ambientales más relevantes que se consideraron en el diseño del Proyecto Minero Ixtaca, se indican en la Tabla V.1.1.1-1.

*Tabla V.1.1.1-1 Condiciones ambientales prevalecientes en el sitio*

Fenómeno natural o efecto meteorológico		Condiciones de Diseño			
Coordenadas:		Los vértices de ubicación de la Planta de Beneficio, área de Trituración y transportadores, son:			
		Vértices	X	Y	Descripción
		01	617585.389	2176917.560	Planta Proceso Mineral
Proyección Zona DATUM	UTM 14 Q WGS84	02	617626.162	2176580.014	Planta Proceso Mineral
		03	617387.894	2176551.233	Planta Proceso Mineral
		04	617347.121	2176888.779	Planta Proceso Mineral
		05	617595.897	2176576.458	Área adicional Transp. Jales
		06	617607.356	2176484.317	Área adicional Transp. Jales
		07	618316.145	2175524.557	Transportador Overland
		08	618414.504	2175630.021	Trituración 1ª, 2ª y 3ª y Clasificación Mineral
		09	618582.524	2175473.409	Trituración 1ª, 2ª y 3ª y Clasificación Mineral
		10	618458.540	2175340.358	Trituración 1ª, 2ª y 3ª y Clasificación Mineral
		11	618267.232	2175472.110	Trituración 1ª, 2ª y 3ª y Clasificación Mineral
		12	618302.269	2175509.679	Transportador Overland
		13	617587.752	2176477.113	Transportador Cantiliver
		14	617576.053	2176573.961	Transportador Cantiliver
		15	617643.671	2176435.065	Área Adicional Transp. Jales
		16	617632.877	2176416.014	Área Adicional Transp. Jales
		17	617656.962	2176383.405	Área Adicional Transp. Jales
		18	617665.201	2176315.196	Área Adicional Transp. Jales
		19	617641.743	2176342.618	Área Adicional Transp. Jales
		Presión barométrica:		556.75 mm Hg	

Fenómeno natural o efecto meteorológico	Condiciones de Diseño
Temperatura media mensual y anual:	Mensual (mes más caliente): 18.7° C. Mensual (mes más frío): 13.1° C. Anual: 16.4°C.
Precipitación normal anual:	600.7 mm (precipitación normal en el mes más seco: 8.1 mm en el mes más húmedo: 108 mm).
Velocidad de viento:	Vientos dominantes provenientes del Norte y Noroeste. Durante un periodo aproximado de tres años, la velocidad máxima de viento fue de 14.9 m/s, y la velocidad promedio mensual oscila entre 2 a 3 m/s.
Evaporación:	Temperatura bulbo húmedo (anual): 11.4°C.
Humedad relativa:	Humedad relativa mínima: 47%. Humedad relativa máxima: 68%. Humedad relativa promedio: 58%.
Radiación solar:	La radiación solar más elevada se registra en el mes de abril y la más baja en el mes de octubre, oscila aproximadamente entre 5.9 a 3.4 kWh/m <sup>2</sup> .
Carga de nieve:	No aplica.
Actividad volcánica:	No aplica.
Tormenta máxima observada para una duración de 24 h (periodo de 10 años).	138 mm (La precipitación máxima probable (PMP) en 24 horas se estima en 784 mm).
Tormenta de diseño para un periodo de 50 años	200 mm/día.
Tormenta de diseño para un periodo de 200 años	253 mm/día.
Tormenta de diseño para un periodo de 10 años	87.64 mm/día.
Intensidad sísmica:	El área del proyecto se encuentra ubicada dentro de la región B, por lo que la actividad sísmica en la zona es intermedariamente frecuente y de media intensidad. Dentro del área de evaluación no existen placas que estén en movimiento o en fricción con otras placas, por lo que no se han registrado epicentros en la región.
Deslizamientos:	Dentro del Sistema Ambiental (SAR), se presenta en aquellas zonas con pendientes con más de 35% y otras en donde debido a que no cuenta con cubierta vegetal se han desarrollado profundas cárcavas y por consecuencia aumento en la erosión, remoción en masa y desgajamiento de material, etc; sin embargo, en el área del proyecto (AP) no se presentan peligrosos por deslizamientos.
Fallas y fracturas:	Se identifica que la cabecera municipal de Ixtacamaxtitlán es atravesada por un morfoalineamiento definido como fractura; sin embargo, no se tienen registros de que esta posible fractura haya afectado el equipamiento o infraestructura de la localidad. Las fallas identificadas no presentan indicios de actividad y a la fecha no se asocian a desastres ocurridos en el municipio.
Huracanes:	No aplica.
Tornados:	No aplica.
Incendios forestales:	No se reportan en la zona incendios forestales recurrentes.

*Fuente: Condiciones ambientales (Hoja C). Ingeniería básica, Planta de Procesamiento de mineral, Proyecto Ixtaca. Minera Gorrión, S. A. de C.V. Rev. A*

### **Diseño de cargas:**

Los criterios de diseño de cargas en la Planta de Beneficio a considerar serán: cargas muertas debidas al peso permanente de la estructura y componentes no estructurales de un edificio o estructura, incluyéndose las cargas permanentes correspondientes al peso de recipientes vacíos, equipos, partes en construcción, protección contra fuego, aislamientos de tubería y ductos, tubería eléctrica y accesorios permanentes. Las cargas vivas de cubierta y operación normal y aquellas cargas inusuales de operación derivadas de irregularidad o fallas de operación. Las cargas de vibración (cargas dinámicas); cargas de material, vehiculares y térmicas.

Dentro de estos criterios y de manera importante para el propósito del presente estudio, se considerarán, las siguientes:

*Cargas de viento:* Cada edificio, estructura, componente y revestimiento será diseñado para resistir los efectos del viento en concordancia al Manual de Diseño de Obras Civiles de la C.F.E. 2008.

Las construcciones se analizarán suponiendo que el viento puede actuar por lo menos en dos direcciones horizontales perpendiculares e independientes entre sí. Se elegirán aquellas que representen las condiciones más desfavorables para la estabilidad de la estructura.

Los datos generales para la obtención de la presión dinámica de base para los diferentes tipos de estructuras del proyecto son los siguientes:

Categoría del Terreno:	1
Grupo:	B
Velocidad Regional:	112.0 km/hr
Periodo de Retorno:	50 años
Presión Barométrica:	556.75 mm Hg
Temperatura Ambiente:	18.9 °C

*Cargas de sismo:* Todos los edificios, estructuras y componentes de la planta serán diseñados para fuerzas de sismo de acuerdo con los siguientes parámetros del espectro de diseño:

Aceleración espectral normalizada ( $a_0$ ):	0.118 cm/s <sup>2</sup>
Ordenada espectral máxima (c):	0.294
Periodo límite inferior de la meseta ( $T_a$ ):	0.1 s
Periodo límite superior de la meseta ( $T_b$ ):	0.6 s
Periodo inicio de la rama descendente ( $T_c$ ):	2.0 s
Parámetro que controla la caída de la ordenada espectral (k):	1.5
Parámetro que controla la caída de la tercera rama (r):	0.50
Factor de amortiguamiento ( $\beta$ ):	1.0

Estos parámetros son para el espectro de diseño en roca determinados por el programa PRODISIS del Manual de Diseño de Obras Civiles de la C.F.E., diseño por sismo, 2008, los mismos serán modificados conforme lo dictado en el Estudio Geotécnico para este proyecto.

### ***Diseño de Cimentación:***

Para el diseño de cimentaciones y obras enterradas en general, se considerará lo establecido en el Estudio Geotécnico del Proyecto.

El sistema de cimentaciones para cada área o edificio será en función de las recomendaciones indicadas en el Estudio Geotécnico. La dimensión mínima en planta de las zapatas será de 0.6 m y las cimentaciones para tanques se conformará de un anillo de concreto, salvo indicación contraria en el Estudio Geotécnico.

El diseño de cimentaciones para equipos sujetos a vibración (como equipos de bombeo, compresores, sopladores, etc.) deberá basarse en análisis dinámicos que toman en cuenta las características propias del equipo y las del suelo en el cual se va a cimentar. El análisis dinámico

debe ser suficientemente riguroso y su diseño suficientemente conservador como para que existan buenas posibilidades de que las amplitudes de vibración medidas, sean menores o a lo sumo igual a las máximas especificadas por el fabricante del equipo. Siempre deberá de buscarse que el desplante de este tipo de cimentaciones sea sobre estratos firmes. Empíricamente, se podrá utilizar la relación de pesos cimentación/equipo  $> 2.5$ .

El diseño de cimentación para tanques verticales de almacenamiento de líquidos, fabricados con placas de acero soldadas que operen aproximadamente a la presión atmosférica, se hará conforme de Standard API-650, última edición. Además llevará una losa de concreto para apoyo del fondo del tanque.

Se contendrá y aislará el área general de trabajo del equipo que pudiera derramar materiales con frecuencia en el sitio de trabajo debido a imprevistos o requerimientos muy altos de mantenimiento. Las contenciones de concreto para soluciones que contengan niveles importantes de cianuro deberán cumplir con el Código Internacional de Manejo de Cianuro.

#### *V.1.1.2. Proyecto Mecánico*

El diseño mecánico cumplirá con la última revisión aplicable de códigos y estándares siguientes:

##### A1. Códigos Generales de Diseño

- ANSI. American National Standard Institute
- ASTM. American Society for Testing and Materials
- EPA. U.S. Environmental Protection Agency
- MSHA. Mine Safety and Health Administration
- OSHA. Occupational Safety and Health Administration
- NOM. Norma Oficial Mexicana
- PIP. Process Industry Practices

##### A2. Códigos de Diseño Acero Estructural

- AISC. American Institute of Steel Construction

##### A3. Códigos de Diseño para Recipientes Atmosféricos y a Presión

- ASME. American Society of Mechanical Engineers
- API. American Petroleum Institute
- ASNT. American Society for Nondestructive Testing
- AWS. American Welding Society
- NRF-PEMEX. Normas de Referencia Vigentes de PEMEX.
- NACE SP0178-2007 Diseño, Fabricación, y prácticas de acabado de superficies para tanques y recipientes que se forraran para el servicio de inmersión.

##### A4. Códigos de Diseño para Manejo de Materiales

- AISI. American Iron and Steel Institute
- CEMA. Conveyor Equipment Manufacturers Association

#### A5. Códigos de Diseño Mecánico Industrial

- ABMA. American Bearing Manufacturers Association
- ACA. American Chain Association
- AGMA. American Gear Manufacturers Association
- MPTA. Mechanical Power Transmission Association
- NIST. National Institute of Standards and Technology
- NPT. American National Taper Pipe Thread

#### A6. Códigos de Diseño en Mecánica de Fluidos

- ANSI/HI. Pumps Standards, ANSI Hydraulic Institute
- NFPA. National Fluid Power Association

#### A7. Códigos de Diseño en Acondicionamiento de Aire

- AMCA. Air Movement and Control Association

### ***Diseño de los recipientes:***

Todos los tanques de almacenamiento atmosféricos serán diseñados y especificados bajo los requerimientos del Estándar API-650 última edición.

El diseño y las especificaciones de los recipientes sujetos a presión cumplirán con los requerimientos del Código ASME Secc. VIII, Div. 1, última edición, más Addenda; además de lo establecido en la Norma Mexicana NOM-020-STPS-2011.

Las pruebas no destructivas por medio de ultrasonido, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc., se llevarán a cabo como se indica en el Código ASME sección V.

Los materiales de construcción de los tanques, incluyendo internos, soportes, orejas de izaje, etc., serán especificados de acuerdo con el Estándar API-650.

La especificación de materiales, diseño, construcción, montaje, inspección, evaluación y pruebas de los sistemas de tuberías de proceso estarán de acuerdo con el ASME B31.3.

Los soportes de los recipientes serán diseñados considerando la combinación de cargas por viento y sismo de la localidad, conforme al Manual de Diseño por Sismo y Viento de la CFE; asimismo, se considerarán las cargas ocasionadas durante las pruebas, montaje y operación, del equipo.

Los tanques que se utilizarán en el proyecto serán operados en condiciones de presión atmosférica y temperatura ambiente. Las características de los tanques de almacenamiento de sustancias y soluciones de proceso, se presentan a continuación:

- *Tanque de Preparación de Cianuro de Sodio/800-TK-060A.*

Tanque cilíndrico vertical de fondo plano con capacidad nominal de 6.29 m<sup>3</sup>; dimensiones de: 2.40 m de diámetro 2.40 m de altura; fabricado de acero al carbono.

Otras características:

- Contará con agitador de hélice al centro.
  - El tanque de preparación de solución de cianuro de sodio estará soportado en una plancha de concreto con muros de contención, con pendiente orientada hacia sumidero del área.
  - El tanque operará a condiciones de presión atmosférica y temperatura ambiental.
  - La solución en el tanque estará en permanente agitación a una concentración del 30% peso/peso.
- *Tanque de Dosificación de Cianuro de Sodio/ 800-TK-060B.*

Tanque cilíndrico vertical de fondo plano con capacidad nominal de 32 m<sup>3</sup>; dimensiones: diámetro de 3.66 m y altura de 3.66 m, fabricado de acero al carbono.

Otras características:

- El tanque de almacenamiento de solución de cianuro de sodio se localizará en la misma área del tanque de preparación de solución de cianuro. Estará soportado por una estructura de concreto en un área con techo, seca y ventilada, con piso de concreto con muros de contención, con pendiente hacia sumidero para captación de derrames.
  - Contará agitador de hélice al centro.
  - El tanque operará a condiciones de presión atmosférica y temperatura ambiental.
  - La solución en el tanque estará en permanente agitación a una concentración del 10%.
- *Tanques de almacenamiento de almacenamiento de lechada de cal 800- TK-056 A/B (cal apagada).*

Dos tanques cilíndrico verticales de fondo plano, con capacidad nominal de 36.62 m<sup>3</sup> y de operación de 18.19 m<sup>3</sup>; dimensiones: diámetro de 3.60 m y altura de 3.60 m, fabricado de acero al carbono.

Otras características:

- El tanque de preparación de lechada de cal se localizará en el área de reactivos. Estará soportado por una estructura de concreto en un área con techo, seca y ventilada, con piso de concreto con muros de contención, con pendiente hacia sumidero para captación de derrames.
  - Contará agitador de hélice al centro.
  - El tanque operará a condiciones de presión atmosférica y temperatura ambiental.
  - La solución en el tanque estará en permanente agitación a una concentración del 15%.
- *Tanques de almacenamiento de solución de xantato isopropílico de sodio (800-TK-053 B/C).*

Dos tanques cilíndrico verticales de fondo plano, con capacidad operativa de 4.48 m<sup>3</sup>; dimensiones: diámetro de 2.135 m y altura de 2.135 m, fabricado de acero al carbono.

#### Otras características:

- El tanque de preparación de solución de xantato isopropílico de sodio se localizará en el área de reactivos. Estará soportado por una estructura de concreto en un área con techo, seca y ventilada, con piso de concreto con muros de contención, con pendiente hacia sumidero para captación de derrames.
- Contará agitador de hélice al centro.
- El tanque operará a condiciones de presión atmosférica y temperatura ambiental.
- La solución en el tanque estará en permanente agitación a una concentración del 5 - 10%.

#### Normas aplicables:

Instituto Americano del Petróleo “Standard API 650”.

Normas materiales: ASTM A-36, A-131, A-283, A-285, A-516, A-53, A-106, A-181, A-193, A-194 y A-307.

Soldaduras: lo que corresponda de AWS: E60XX, E70XX0 E80XX-CX, sometidas a pruebas y ensayos de ultrasonidos, radiografiado, líquidos penetrantes, dureza, etc.

Otras normas relativas: ASTM, API, CSA y ASME código IX.

El diseño de los recipientes incluirá cálculos de momentos de volteo y presiones producidas por el efecto sísmico de la zona.

#### *Manejo de soluciones de proceso*

El manejo de las soluciones incluirá todos los servicios para el agua, floculante y reactivos para la flotación. El servicio de la cal hidratada, deberá diseñarse como una pulpa. Los reactivos para flotación que estén establecidos como inflamables o se consideren como peligrosos (corrosivos, entre otros), deberán tener su almacenamiento y manejo diseñado de acuerdo con la Norma OSHA que, a su vez, se basa en el Estándar de Comunicación de Peligros (HCS, Hazard Communication Standard). La cual incluye: identificación del producto, identificación del peligro(s), composición/información sobre los componentes, medidas de lucha contra incendios, manipulación y almacenamiento, controles de exposición/protección personal, propiedades físicas y químicas, estabilidad y reactividad, información toxicológica, ecotoxicológica, información relativa a la eliminación de los productos, información relativa al transporte, información sobre la reglamentación. Todo ello, a menos que estos reactivos caigan dentro de la clasificación de “almacenamiento menor.”

#### *Recipientes de proceso (Flotación).*

Los recipientes deberán ser diseñados de acuerdo con los siguientes códigos y estándares:

- a) Reactivos de Flotación API-650.
- b) Floculante API-650.
- c) Agua API-650.
- d) La capacidad viva de los tanques cilíndricos verticales será desde el fondo del vertedero de derrame o boquilla al mínimo nivel requerido para sumergir la línea de descarga por gravedad o flujo bombeado.

- e) Los tanques se deberán diseñarse con la gravedad específica, máxima posible de la solución contenida, pero en ningún caso menor a 1.0.
- f) El diseño de los tanques deberá tener en consideración la magnitud y dirección de las cargas externas y restricciones de acuerdo con el diseño de los proveedores de equipo y los Criterios de Diseño Civil/Estructural.

### *Bombas*

Las bombas deberán seleccionarse de modo que sean adecuadas para el rango completo entre los flujos mínimo y máximos de diseño.

Flujo Máximo:	1.15 × Flujo normal de Proceso
Cabeza de Diseño Máxima:	1.10 × Cabeza al Flujo de Diseño Máximo
Flujo de Diseño Mínimo:	0.85 × Flujo normal de Proceso

Estos criterios podrán ser superados por los Criterios de Diseño de Proceso.

El tamaño del motor eléctrico deberá seleccionarse como el primer tamaño de motor de fabricación estándar, arriba de la máxima potencia en la flecha de la bomba, sobre la carga plena de trabajo. Se deberá dar una tolerancia adicional por pérdidas tales como los sellos centrífugos, transmisiones por bandas V y cajas de engranes.

### *Bombas Centrífugas Horizontales*

Las bombas centrífugas horizontales generalmente deberán ser de diseño de succión posterior, y unidas al motor impulsor por medio de un cople flexible.

Las bombas para grandes flujos o altas cabezas de descarga, deberán ser del tipo axialmente bipartidas con succión doble.

Las bombas para agua deberán ser equipadas con sellos de empaque blando en las flechas, limpiados internamente. Las bombas podrán utilizar coples flexibles.

### *Bombas de Turbinas Verticales*

Las bombas de turbina verticales deberán tener cabezas de descarga fabricadas en acero, coples ajustables, coladeras del tipo de canasta y columnas bridadas con flechas cubiertas. El tipo de sello deberá ser seleccionado en una base de diseño individual.

#### *V. 1.1.3. Proyecto Eléctrico*

Para el diseño eléctrico del proyecto se considerarán los códigos y estándares internacionales y reconocidos, además de la normatividad mexicana:

- NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas. Utilización.
- NOM-025-STPS-2008. Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo.
- NOM-022-STPS-2015. Electricidad estática en los Centros de Trabajo. Condiciones de Seguridad.
- NEC National Electric Code



- NESC National Electrical Safety Code.

El diseño del nuevo equipo eléctrico, la fabricación, instalación y operación estará de acuerdo a la última edición vigente de las siguientes normas y reglamentos:

- Códigos y Normas Locales
- NOM Normas Oficiales Mexicanas (NOM-001-SEDE-2012).
- NMX Norma Mexicana.
- CCONNIE Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica.
- DGN Dirección General de Normas.
- ANCE Asociación de Normalización y Certificación A.C.
- NTIE Normas Técnicas Para Instalaciones Eléctricas.
- NEMA National Electrical Manufacturer's Association.
- ANSI American National Standard Institute.
- NEC National Electric Code.
- IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers
- NFPA National Fire Protection Association.
- NESC National Electric Safety for Testing of Materials
- IEC International Electro Technical Commission.
- IES Illumination Engineers Association.
- ASTM American Society for Testing of Materials.
- UL Underwriters Laboratories.

#### *Sistema de distribución de energía.*

#### *Sistema primario de distribución de energía.*

La transmisión de energía será mediante una línea de alta tensión a 115 kV, en la subestación principal de la planta será reducida a un voltaje en media tensión de 4.16 kV. El sistema de distribución primario será en 4.16 kV, 60 Hz. siendo un sistema radial que alimentará a un switchgear tipo Metal-Clad principal localizado en la sala eléctrica de la subestación principal.

La distribución a cada subestación secundaria será a través de líneas aéreas del tipo pesado y/o con cables de potencia XLPE al 100% de aislamiento por medio de bancos de ductos.

#### *Subestaciones eléctricas.*

Podrán ser del tipo interior o exterior, con las siguientes secciones:

- a) Transformador reductor o elevador.
- b) Tablero de distribución baja tensión, conteniendo interruptores electromagnéticos e interruptores termomagnéticos.

Todos los transformadores serán diseñados con un mínimo de 20% de exceso de capacidad sobre las condiciones de la carga de diseño.

La capacidad de los interruptores electromagnéticos será prevista para cargas futuras. Todos los equipos de protección estarán calibrados y coordinados para la carga inicial, pero deberán poder ajustarse para las cargas futuras.

### *Cuartos eléctricos.*

Los cuartos eléctricos podrán ser del tipo construcción modular prefabricadas, o bien de albañilería reforzada debiendo ser herméticas y presurizadas, también deberán tener sistema de aire acondicionado. Albergarán todos los equipos de maniobra y control asociados a la distribución y alimentación de todos los equipos de proceso y auxiliares, incluyendo variadores de frecuencia y similares, se incorporan también todos los gabinetes y racks de PLC y/o DCS de control de proceso, además de los gabinetes de fibra óptica y comunicaciones.

Los cuartos eléctricos considerarán un sistema de detección, alarma y combate a incendio; así como el contar, al menos, con dos puertas de material incombustible, de preferencia en muros opuestos y alejadas de transformadores instalados en el exterior.

### *Centros de Control de Motores.*

Todos los CCM'S de 480 V serán del tipo inteligente con comunicación al sistema, de columnas verticales, autosoportadas para montaje interior y con protección NEMA 12. Los cubículos serán del tipo extraíbles e intercambiables y diseñados para desconectarse automáticamente al ser retirados del CCM. Los cubículos constarán de un interruptor termomagnético de entrada tipo mcp de caja moldeada tripolar de operación manual con protección instantánea de cortocircuito provista por un elemento termomagnético ajustable, un contactor del tipo al vacío de voltaje pleno y relevo de protección de sobrecarga del tipo estado sólido con comunicación. Estos CCM'S alimentarán a todos los motores menores de 400 hp, a transformadores de alumbrado y a cargas misceláneas.

Los CCM'S tendrán una capacidad interruptiva acorde a lo que arroje el estudio de cortocircuito. Para la ubicación y posición física de los módulos o unidades de los CCM'S se tomarán las siguientes distancias: Las distancias de separación entre CCM'S se considerara 1200 mm espalda con espalda y espalda con frente, la separación de CCM'S frente con frente se considerará de 1 200 mm y la separación perimetral del muro con CCM será de 1000 mm.

### *Sistema puesta a tierra.*

El sistema de puesta a tierra estará constituido por mallas de tierra locales interconectadas, construidas con conductores de cobre desnudo de temple semiduro y duro calibre No. 4/0 AWG, y conexiones a los equipos a través de conductor No 2/0 AWG. Las mallas deberán ser enterradas a un mínimo de 0.8 m de profundidad, y las conexiones deberán ser del tipo exotérmicas.

El sistema de puesta a tierra estará diseñado en conformidad a la NOM-001-SEDE- 2012 y estándar IEEE 80. El diseño deberá asegurar potenciales de paso y de contacto seguros dentro y fuera de las áreas cubiertas por las mallas.

- a) El sistema de tierra consistirá en un anillo que rodee el edificio.
- b) En las esquinas del anillo y a lo largo del mismo se instalarán varillas Copperweld de 3 m. longitud y 15.87 mm. (5/8") de diámetro.
- c) El número de éstas quedará determinado mediante cálculos, tomando en consideración la resistividad del terreno y el nivel de corto circuito monofásico.
- d) Todas las conexiones a tierra tendrán una resistencia no mayor a 10 ohms.

### *Conexiones.*

- a) Todo el equipo eléctrico, tal como motores, subestaciones, tableros de alumbrado, tableros de instrumentos, etc., se deberán conectar a tierra en dos puntos.
- b) Las estructuras metálicas, deberán conectarse a tierra con unión exotérmica.  
En los sistemas de charolas y trincheras se deberá considerar un cable de cobre desnudo # 4/0 AWG, a lo largo de las mismas y sujetado mediante conector mecánico de bronce de dos piezas y con derivaciones a tierra a cada 60 metros como mínimo, deberá permitir también derivar conductores hacia equipos que no cuenten con un cuarto conductor en su alimentador.

### *Sistema de alumbrado.*

El sistema de alumbrado será diseñado para proveer los niveles de iluminación indicados en las Normas Oficiales Mexicanas. Todas las áreas contarán con el estudio de iluminación.  
En lugares interiores donde se instalen motores o equipos rotatorios, el diseño eliminará el efecto estroboscópico.

Los siguientes tipos de alumbrado interior y artefactos de alumbrado serán usados en el proyecto:

Se utilizará la aplicación de equipos de aditivos metálicos o sistemas de Iluminación por LED, cumpliendo con lo establecido en la NOM, todo enfocado al ahorro de energía, se usarán en Cuartos eléctricos y de control, oficinas, Áreas de Mantenimiento, en las diferentes áreas de la Planta y donde sea aplicable. El sistema de alumbrado interior/externo se alimentará desde transformadores secos exclusivos para alumbrado, razón 480/220-127 V, 3 fases, 4 conductores, neutro aterrizado.

### *Alumbrado de emergencia.*

Se proveerá alumbrado de emergencia en recintos interiores y exteriores de proceso para así asegurar una adecuada iluminación al personal en caso de un corte de energía eléctrica, permitiendo una evacuación rápida y ordenada.

Se hace hincapié que en los cuartos eléctricos, de las diferentes áreas, se contará con la suficiente iluminación de emergencia para realizar maniobras requeridas en casos extremos.

El alumbrado de emergencia será efectuado por unidades autónomas con iluminación de LED, alimentadas desde enchufes en 127 V, tomados de circuitos independientes o dedicados para este fin. La autonomía mínima será de 3 horas con batería en gel, sellada de libre mantenimiento. El periodo de recuperación de la batería no será superior a 6 horas.

#### *V.1.1.4. Proyecto sistema contraincendios*

Se instalará una red contraincendios que dará cobertura a las áreas de alto riesgo de incendio de la Planta de Beneficio del Proyecto Minero Ixtaca. El agua contraincendios será recirculada alrededor del sitio en un arreglo de un anillo principal para cubrir todos los edificios de servicios, planta de proceso y las áreas con equipos. Una línea individual de suministro irá al área de trituración.

La red se integrará por un conjunto de hidrantes espaciados a una distancia que no exceda los 60 metros entre ellos y con boquillas de 65 mm NSWF. Los hidrantes estarán equipados con gabinetes en los principales puntos de riesgo de fuego. Las mangueras alojadas en los gabinetes no excederán los 30m de largo. Estos gabinetes contendrán equipo especial para hacer espuma donde sea requerido en las cercanías del área de tanques de reactivos de la flotación.

El sistema contraincendios se abastecerá de un tanque superficial para agua contraincendios con capacidad de 24 000 galones (90.85 m<sup>3</sup>).

El sistema de bombeo contraincendios estará integrado por dos bombas centrífugas horizontales de caja partida con capacidad de 500 gpm a 120 psi accionadas con motor eléctrico, una bomba de respaldo con motor de combustión interna (diesel), por caso de falla de energía eléctrica, instalada de acuerdo con NFPA-20, y una bomba de motor eléctrico tipo Jockey para asegurar la presurización del sistema con capacidad de 15 gpm a 125 psi en la descarga. La red contraincendios mantendrá una presión de 125 psi en la toma más alejada y desfavorable.

El anillo principal de la red contraincendios que rodeará la planta alimentará a los hidrantes que se ubicarán en puntos críticos estratégicos de la planta, carretes con mangueras en los edificios y los “risers” del sistema de rociadores. La ubicación de estos dispositivos se revisará de acuerdo a lo que establece la norma NOM-002-STPS-2010.

Se contará con un sistema automático de boquillas de agua pulverizada en el área de almacenamiento de reactivos. La localización de los rociadores y el suministro de las tuberías serán diseñados, instalados y probados de acuerdo con los estándares aprobados por la autoridad competente. El flujo del sistema de rociadores deberá ser de 750 L/min por un mínimo de 90 minutos de alimentación de la red principal de agua contra incendios.

Para el patio de gruesos, trituración, molienda, flotación y espesamiento se dispondrá de un sistema húmedo de mangueras contraincendios clase II.

Las diferentes instalaciones contarán con dispositivos adecuados para el combate a incendios tales como extinguidores de polvo químico seco y de CO<sub>2</sub>, según el área y tipo de incendio que se puede presentar.

#### *Sistema alarma y detección*

Se dispondrá de un sistema de alarma y monitoreo consistente en una alarma central de incendio y un panel indicador; se tendrán instalados detectores de ionización y de calor. La alarma de incendios y el panel indicador estarán en el cuarto de control principal de la planta de proceso. Al detectar fuego o al activarse cualquier sistema rociador, sonará una alarma en el panel de control indicando la zona afectada.

El panel indicador de fuego (FIP), en el cuarto de control principal indicará las condiciones de alarma de lo siguiente:

- a) Bombas contraincendios.
- b) Sistemas de rociadores.
- c) Interruptores en compuertas desviadoras.
- d) Interruptores de flujo
- e) Bajo nivel de agua en el tanque de agua contraincendios.

La capacitación y entrenamiento de todo el personal, en la prevención y combate a incendios, será una de las acciones más importantes a realizar por parte de la empresa. Se destaca también la implementación de un programa de supervisión permanente en todas las instalaciones operativas para asegurar que los dispositivos de combate a incendios se encuentran en buenas condiciones y sobre todo para verificar que las áreas de trabajo, maquinaria y equipo no presenten condiciones de riesgo que puedan provocar un incendio.

*Equipo de protección contraincendios*

Se contará con el siguiente equipo contraincendios:

*Tabla V.1.1.4-1 Cantidad de hidrantes y estaciones con manguera en el proyecto Minero Ixtaca*

Cantidad	Descripción	Área
17	Estaciones de manguera	Planta de proceso
19	Hidrantes	Trituración y transportes de banda

La ubicación de hidrantes y estaciones con mangueras en planta y área de trituración se muestra en la Figura V.1.1.4-1 Arreglo General Sistema de Protección Contraincendios Planta No. 100-40-21-rev 0.

A continuación se presenta el equipo de protección contraincendios disponible por área:

*Tabla V.1.1.4-2 Equipo de protección contraincendios en cada área del proyecto Minero Ixtaca*

Área (descripción)	Hidrantes	Estaciones de manguera	Alarma	Extintores	Sistemas especiales
<i>Trituración</i>					
Puntos de transferencia en transportadores	X				X
Descarga de transportador a "Stock Pile"	X				
Túnel de reclamo de rociadores	X				
Rociadores en mineral grueso en túnel					X
Trituración de reciclado					X
<i>Molienda</i>				X	
Subestación y CCM's		X		X	
Cuarto Eléctrico		X		X	
Cuarto de Control		X		X	
<i>Flotación</i>		X		X	
Cuarto de compresores			X		
<i>Lixiviación</i>		X		X	
<i>Merril Crowe</i>		X		X	
Laboratorio		X	X	X	
Reactivos		X	X	X	
Almacén y mezclado		X	X	X	
<i>Planta de Tratamiento de Aguas Negras</i>				X	
Tanques para gas LP		X		X	
Tanques para diesel				X	
Generador de emergencia			X	X	

Área (descripción)	Hidrantes	Estaciones de manguera	Alarma	Extintores	Sistemas especiales
Bahía de transformadores				X	
Oficinas, almacén y taller de equipo pesado		X		X	
Almacén exterior y bodega de llantas		X	X	X	

El Plano del Sistema de Protección Contra Incendios Planta No. 100-40-21 rev. 0, se muestra en la Figura V.1.1.4-1.

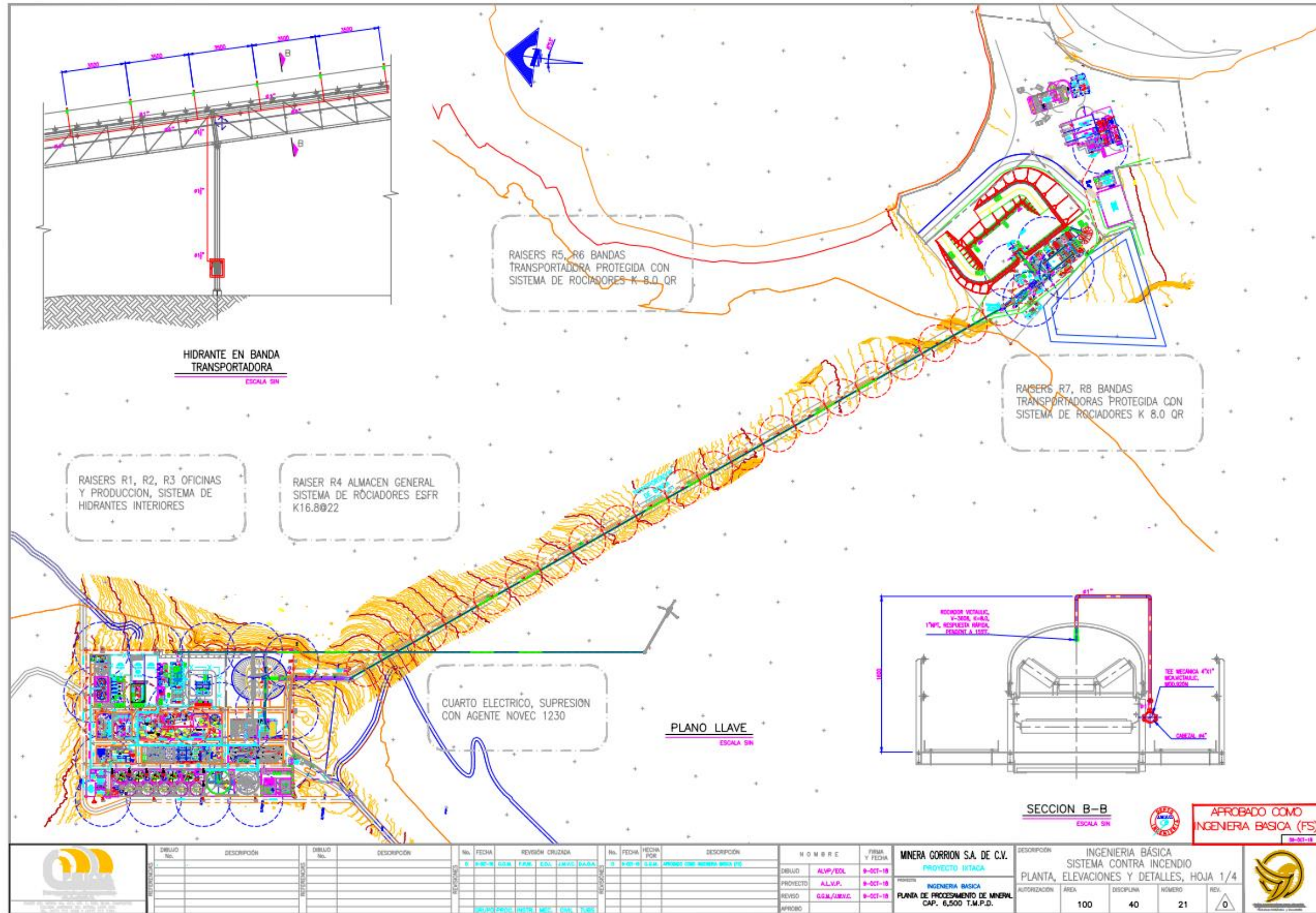


Figura V.1.1.4-1 Arreglo General Sistema de Protección Contra Incendios Planta No. 100-40-21 Rev 0

## V.1.2. Descripción Detallada del Proceso

### **Generalidades**

El proyecto Ixtaca considera reubicar la planta del proyecto Rock Creek que operaba en Alaska. La planta Ixtaca procesará 7,650 t/d de mineral, para luego incrementar la capacidad de tratamiento hasta 15 300 t/d, a partir del quinto año del plan para la vida de la mina. La mayor parte del mineral a procesar consiste en vetas de oro y plata alojados en venas de piedra caliza. Una pequeña porción del mineral de piedra caliza procesado se llama esquisto negro y contiene carbón orgánico. Una pequeña porción del mineral se aloja en cenizas volcánicas.

La planta de procesamiento de Ixtaca contará con un proceso convencional para tratamiento de minerales de oro y plata. El mineral de mina será procesado en una planta de trituración de tres etapas, seguido de una etapa de molienda convencional y concentración gravitacional que producirá un pequeño volumen de concentrado. Las colas de la concentración gravitacional alimentarán una planta de flotación de una etapa en celdas convencionales. Las colas de la planta de flotación constituirán aproximadamente el 85% de los sólidos en los jales finales. El concentrado de flotación (representando aproximadamente 15% de los sólidos en la alimentación fresca) será sometido a un proceso de remolienda y lixiviación usando solución de cianuro de sodio. Las colas de la etapa de lixiviación serán sometidas a un proceso de detoxificación que eliminará el cianuro libre antes de juntarse con las colas de flotación en el espesador de jales finales.

El oro y la plata contenidos en las soluciones de lixiviación serán recuperados mediante precipitación con polvo de zinc (Merrill-Crowe), y también usando carbón activado. Todas las soluciones de lixiviación, una vez recuperados los metales preciosos, serán recirculadas al proceso de lixiviación. Un horno de fundición producirá una barra de doré a partir del precipitado de zinc y de los cátodos generados en la etapa de electro-depositación de los metales recuperados mediante carbón activado.

El agua fresca para la operación de Ixtaca será suministrada desde una presa de agua. El agua de proceso será recirculada desde el espesador de jales, y también recuperada desde el filtro de jales.

La gran mayoría de los 15 MW del suministro eléctrico requerido será utilizado en la planta de proceso. El requerimiento de energía se incrementa a 25 MW con la expansión en el quinto año.

A continuación se realiza la descripción detallada del proceso.

### **Recepción y trituración del mineral:**

La planta de trituración estará instalada en la proximidad inmediata del tajo abierto para minimizar el tránsito de camiones de alto tonelaje.

El mineral será dispuesto en la zona de almacenamiento temporal, esta área tendrá una capacidad de reserva asegurando así que no se interrumpa el proceso por los retrasos en la entrega del mineral. Un cargador frontal será utilizado para alimentar el material apilado a la tolva de pesaje, la cual será diseñada para permitir estabilidad en la operación.



Una unidad de aspersión de agua para la supresión de polvo estará instalada en el área de recepción del mineral para el control de los polvos generados en el mineral apilado y los puntos de transferencia.

a) Trituración.

El mineral proveniente de la mina será directamente alimentado a la planta de trituración, la cual constará de tres etapas secuenciales. La trituración primaria usará una trituradora de quijadas en circuito abierto. La etapa de trituración secundaria operará en circuito abierto usando un triturador de conos y una criba vibratoria para pre-clasificar la alimentación. La etapa terciaria operará en circuito cerrado utilizando dos estaciones idénticas, cada una con una trituradora de conos y una criba vibratoria para pre-clasificar su alimentación. Las tres estaciones de trituración (una secundaria y dos terciarias) tienen configuración y construcción idénticas.

El mineral proveniente de la mina será directamente alimentado a la tolva de gruesos, sobre la que habrá una parrilla fija con apertura de 17"x17", de manera que las rocas de mayor tamaño sean reducidas sobre la misma parrilla mediante el martillo rompedor antes de acceder a la tolvas de gruesos, evitando que material de mayor tamaño al que pueda admitir la quebradora de quijada llegue a la misma. La descarga de la tolva de gruesos llega a un alimentador grizzly el cual retirara las rocas y partículas menores a 5" reduciendo así la carga que llega a la quebradora.

La etapa secundaria utilizará una criba vibratoria que pre-clasificará el producto de la etapa primaria, el material de mayor tamaño que quede en la parte superficial de la criba vibratoria alimentará a la trituradora de conos, y el material pasante de la criba vibratoria junto a la descarga de la trituradora secundaria constituirán el producto de la etapa secundaria.

El producto de la trituradora secundaria se cribará para remover material fino. Aspersores de agua se utilizarán para limpiar los finos y el polvo. Las partículas de mayor tamaño se enviarán al separador de mineral para rechazar estériles por medio de rayos X. Los estériles expulsados se colocarán en una pila de almacenamiento (stockpile) para su transporte a las tepetateras. El mineral concentrado del separador de mineral junto a los finos se transportará a las trituradoras terciarias.

La etapa de trituración terciaria consistirá en un circuito cerrado con preclasificación que utilizará dos estaciones de clasificación-trituración idénticas operando en paralelo. Cada estación constará de una criba vibratoria y una trituradora de conos. El producto de la etapa de separación de mineral será dividido en dos usando un chute tipo pantalón, y cada uno de los flujos de mineral producidos por el chute será alimentado a la criba vibratoria de cada estación.

El material de mayor tamaño que quede en la parte superficial de la criba vibratoria alimentará a una trituradora de conos cuya descarga será transferida a una banda transportadora que también recibe el producto de la segunda estación de clasificación-trituración, ambos flujos serán recirculados usando bandas transportadoras adicionales a las respectivas cribas vibratorias. Los materiales pasantes en cada uno de las dos cribas vibratorias constituirán el producto final de la planta de trituración con tamaño de partículas de aproximadamente  $P_{80} = 1/2"$ .

Un magneto estacionario y un detector de metal estarán instalados tanto sobre la banda transportadora que conduce el mineral que sale del triturador primario de quijada hacia el triturador secundario de cono, así como en la banda que alimenta al chute tipo pantalón que alimentará a las quebradoras terciarias para retirar cualquier elemento metálico que pueda dañar

a este último equipo. En cada triturador, tolva de alimentación y en todas las bandas transportadoras, se contará con un sistema de control de polvos mediante aspersion de agua.

Una banda transportadora acarreará el producto del circuito de trituración hacia la pila de almacenamiento (stockpile).

b) Molienda y concentración gravitacional.

Las etapas de molienda y concentración gravitacional incluirán un circuito cerrado generando un concentrado gravitacional y un flujo de alimentación a flotación con un tamaño de partícula  $P_{80}=75\mu\text{m}$ .

El mineral de las pilas será conducido a un molino de bolas de 18.43 pies de diámetro por 25.63 pies de longitud, accionado por dos motores de 2,000 kW cada uno. El producto del molino de bolas será clasificado utilizando ciclones. El sobre tamaño será cribado y alimentado a la concentración gravitacional. El bajo tamaño será alimentado a la etapa de flotación. La capacidad nominal de molienda será de 292 t/hr.

La concentración gravitacional utilizará tres concentradores semi-batch modelo SB5200. El concentrado será remolido antes de entrar en la etapa de lixiviación de concentrados.

c) Flotación.

El circuito de concentración por flotación incluirá un banco único tipo Rougher constituido de una hilera de celdas mecánicas con capacidad de 160 m<sup>3</sup> cada una utilizando aire forzado. El concentrado primario se bombeará a la etapa de lixiviación por agitación.

Previo a ingresar a la lixiviación, los concentrados de flotación serán remolidos en un molino de bolas de 2.1 m de diámetro por 6.0 m de largo accionado por un motor de 330 kW. El producto de la remolienda será transferido a la etapa de lixiviación por agitación.

d) Lixiviación de concentrados.

El concentrado gravitacional será lixiviado en un tanque de lixiviación con cianuración intensiva con capacidad para 12 horas de residencia. Primeramente se adicionará una solución básica en forma de lechada de cal para mantener el pH entre 10.5 y 11.0, y posteriormente se adicionará la solución de cianuro de sodio para lixiviar el oro y plata.

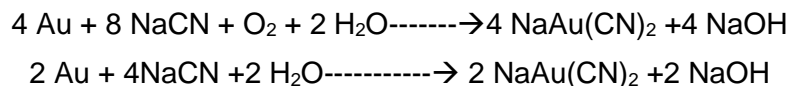
En base a la masa del concentrado gravitacional, el consumo de cianuro de sodio se estima en 12 kg/t y la cal en 3 kg/t, o equivalente a 0.6 kg de cianuro por tonelada de mineral fresco y 0.015 kg de cal por tonelada de mineral fresco, respectivamente.

La lixiviación por agitación procesará los flujos de concentrado de flotación ya remolido y las colas de la etapa de lixiviación intensiva de concentrado gravitacional. El tiempo de residencia total de la lixiviación por agitación es de 72 horas. La lixiviación comienza con seis tanques CIL durante 24 horas. La lixiviación del oro se completa en los tanques CIL y se retira de los tanques en carbón cargado utilizando cribas de carbón. El carbón cargado se envía al circuito de desorción del carbón. La lixiviación de la plata se completa en cuatro tanques adicionales durante

las 48 horas restantes de lixiviación. El producto final de lixiviación se envía a un circuito de Merrill-Crowe.

Sobre la base de la masa de concentrado, el consumo estimado de cianuro de sodio será de 12 kg/t, el cual, dependiendo de la recuperación másica concentrado de flotación, estará en un rango de 0.7 a 1.0 kg de cianuro por tonelada de mineral alimentado a la concentradora. El consumo de cal se espera que sea del orden de 3 kg/t de concentrado, equivalente a un rango entre 0.25 a 0.50 kg cal por tonelada de mineral alimentado fresco a la planta.

Las principales reacciones que se llevarán a cabo en el proceso de lixiviación se representan por las siguientes ecuaciones químicas:



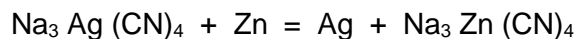
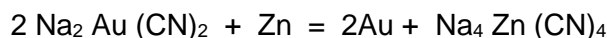
#### e) Recuperación de metales.

Para la opción de Merrill-Crowe, la solución que contiene plata y oro se separa de la lechada de lixiviación mediante decantación en contracorriente (CCD). Luego mediante el uso de un clarificador, se obtiene una solución muy clara. Luego se elimina el oxígeno pasando la solución a través de una columna de desaeración al vacío. Para precipitar el oro y la plata, se agrega polvo de zinc a la solución clarificada y desaerada. El precipitado después se filtra de la solución y los sólidos restantes se funden en una barra de aleación (doré) de plata y oro.

Para el CIP, los carbones serán desorbidos, los metales contenidos en la solución de desorción serán electrodepositados en una celda electrolítica, y finalmente el cátodo de la celda electrolítica será fundido en una barra de metal doré.

#### e.1) Proceso Merrill-Crowe.

La pulpa que seguirá el proceso Merrill-Crowe será procesada en una combinación de espesadores e hidrociclones operando en serie en contra corriente con agua fresca de lavado para finalmente descargar los sólidos libres de solución cianurada. La solución rica recuperada en el circuito en contra corriente será filtrada a través de filtros pre-recubiertos con polvo de diatomeas y mediante una torre de vacío se eliminará el exceso de oxígeno. Posteriormente a la pulpa desaerada se le adicionará polvo de zinc para clarificarla y precipitar el oro y la plata. El método del polvo de zinc se basa en el hecho de que el oro y plata son electronegativos respecto al zinc y en el proceso ocurren las siguientes reacciones:



El precipitado será enviado a uno de los dos filtros prensas sellados que se instalarán en esta parte del proceso, debido a que uno se utilizará sólo en caso de emergencia. La solución estéril resultante será retornada al tanque espesador lavador. El filtro prensa será abierto para retirar el precipitado que contiene los elementos valiosos siendo colocado en contenedores montados en carretillas.

Estas carretillas serán colocadas dentro de un horno para evaporar la humedad remanente del precipitado, una vez seco el precipitado será transferido al horno de refinado, donde se producirá la barra doré, mientras que la escoria se depositará dentro de un molino de barras para su reprocesamiento. El doré (oro/plata) será empacado y enviado a su refinación.

#### e.2) Proceso de lavado ácido.

En esta etapa se removerá del carbón a través de una solución hidrocblrica ácida depósitos de sales o limos, y algunos metales, que pudieron haberse formado en el carbón durante el proceso de adsorción.

El ciclo de lavado ácido se realizará mediante la circulación de una solución al 3% de ácido clorhídrico. El carbón será retenido en el depósito de lavado de ácido para que se vaya disolviendo y removiendo toda la incrustación atrapada en el mismo. Posteriormente se llevará a cabo el lavado del carbón con el propósito de retirar el ácido restante previo al contacto del carbón con la solución cianurada.

#### e.3) Etapa de desorción (despojo de valores del carbón).

El carbón será transportado a la etapa de desorción donde se le aplicará un lavado con una solución cianurada a una temperatura de 100°C. En el tanque de solución de desorción se preparará la solución, mediante una bomba será alimentada a un intercambiador de calor donde se precalentará, pasando por un serpentín donde incrementará su temperatura y después la solución pasará entre el carbón para posteriormente ser conducida al intercambiador de calor donde cederá su calor descendiendo su temperatura. La solución es recirculada hasta que la concentración de metal precioso en solución es cercana a cero, entonces el carbón es sometido al proceso de regeneración y recirculado a la etapa CIL.

La regeneración del carbón consiste en lavar el carbón con solución ácida y luego someterlo a reactivación térmica para asegurar que el carbón conserve su capacidad de adsorber metales preciosos.

#### e.4) Regeneración del carbón.

Posterior al proceso de desorción, el carbón estéril será extraído y enviado a un horno de precalentamiento y posteriormente a un horno de regeneración o reactivación.

La reactivación del carbón será llevada a cabo en un horno horizontal giratorio a una temperatura de 700°C. Una vez que el carbón sea regenerado, este será depositado en un tanque de retención, para que cuando se requiera un avance de carbón esté listo para ser enviado.

Debido a los movimientos que se tendrán a diario se producirá un carbón muy fino, el cual será recuperado y enviado a un tanque de colección de carbón fino. Una vez que este tanque se llene, los finos de carbón activado pasarán a un filtro prensa para recuperarlos y empacarlos para su venta, ya que aún contienen valores que no han sido extraídos.

#### e.5) Celdas electrolíticas.

La solución rica en valores minerales resultante de la etapa de desorción será circulada a las celdas de electrodeposición, las cuales estarán compuestas de placas paralelas entre sí de acero inoxidable (cátodo y ánodo) recubiertas de una malla de acero a los cuales se les hará

circular corriente eléctrica mediante un rectificador de corriente directa, bajo esas condiciones el oro y plata se electrodepositarán en los cátodos.

Una vez que los cátodos se encuentren cargados, serán llevados a un tanque de remoción, donde se utilizará agua fresca a alta presión para desprender los lodos generados, los cuales se harán recircular por un filtro prensa. Los sólidos atrapados en el filtro se llevarán a un horno de secado, donde el material filtrado y húmedo será colocado en una cámara a una temperatura de 400°C durante un periodo de 2 a 3 horas, posteriormente se dejarán enfriar lentamente.

#### e.6) Fundición.

Seguido del ciclo de enfriamiento lento, el concentrado será colocado en un crisol al que se le adicionarán fundentes de bórax, carbonato de sodio y arena sílica. El crisol se introducirá en un horno a una temperatura de 600°C a 700°C donde será fundido para producir los lingotes de doré que será el producto final a comercializar.

#### f) Detoxificación.

La pulpa obtenida del *Lavado a Contra-Corriente (LCC)* será transferida a una batería de reactores de detoxificación, donde se eliminará cualquier contenido residual de cianuro. La batería de reactores estará constituida por dos tanques de agitación en serie, con una capacidad de 124 m<sup>3</sup> cada uno. La alimentación a esta batería de reactores será mediante flujo continuo de:

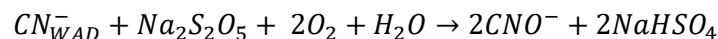
- 1) Pulpa del Lavado a Contra-Corriente con un rango de 40 a 50% de sólidos
- 2) Solución de Metabisulfito de Sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)
- 3) Oxígeno enriquecido.
- 4) Lechada de cal para control del pH.

La *solución de Metabisulfito de Sodio* utilizada tendrá una concentración del 20% en peso y será adicionada en la batería de reactores según sea necesario mediante un controlador analógico programable (PLC), el cual estará ubicado en el área de la batería de reactores para detoxificación y estará enlazado a un analizador de cianuro en línea. El analizador de cianuro en línea medirá el cianuro presente en la pulpa mediante el uso de dos sondas. Una sonda medirá el cianuro en la pulpa que ingresa al proceso de detoxificación y la segunda medirá la pulpa que sale del mismo.

El oxígeno enriquecido tendrá una concentración del 95% de oxígeno (O<sub>2</sub>), y será obtenido de un generador tipo "adsorción oscilante de presión" (Pressure Swing Adsorption).

La reacción de detoxificación consistirá en poner en contacto la pulpa del Lavado a Contra-Corriente con la solución de Metabisulfito de Sodio y el oxígeno enriquecido en la batería de reactores agitados, logrando una rápida y efectiva destrucción del cianuro (WAD).

La reacción se muestra a continuación:



La presencia de cobre en forma de ion cúprico (Cu<sup>2+</sup>) es necesaria debido a que funciona como catalizador. En los casos en que se encuentra ausente en los minerales se debe suministrar

mediante la adición de Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4$ ), el cual se prepara al 10% en peso. La concentración requerida del ion cúprico ( $\text{Cu}^{2+}$ ) está en el rango de 20 a 50 mg/l. Por lo anterior, será un parámetro a monitorear en el proceso y de ser necesario se deberá adicionar para que la reacción sea efectiva.

La pulpa producida en la etapa de detoxificación será transferida al espesador de relaves final.

#### g) Espesamiento de jales y filtración final.

Los lodos finales provenientes de la etapa de lixiviación se mezclarán en un equipo de espesamiento con los jales de la etapa de flotación en la proporción aproximada de 15% y 85%, respectivamente. Es decir que el mayor volumen de jales corresponde a lodos que jamás han estado en contacto con cianuro. En términos más específicos, en un día de operación típico se producirán aproximadamente 5 525 toneladas de jales de flotación que se mezclarán homogéneamente con 975 toneladas de lodos detoxificados. En consecuencia, los jales finales estarán absolutamente libres de cianuro. Es importante también mencionar que los estudios geoquímicos realizados hasta la fecha demuestran que los jales no son generadores de ácidos.

El espesador descargará los jales finales con aproximadamente 50% a 55% de sólidos en peso. El reflujo inferior del espesante se filtrará para producir una torta de filtro que será apilada y luego pondrá en el tepetateras.

#### h) Reactivos químicos.

Las principales sustancias que se utilizarán en el proceso serán las siguientes: cal, cianuro de sodio, hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ), ácido clorhídrico, ácido nítrico, polvo de zinc, xantato isopropílico de sodio, metabisulfito de sodio y floculante aniónico.

La cal será recibida en forma sólida y almacenada en un silo. La cal en forma de lechada ajustada a aproximadamente 15% de sólidos se distribuirá al circuito de lixiviación para mantener el pH de los lodos entre 10.5 a 11.0.

El cianuro de sodio será recibido en flo-bins de 1.360 toneladas y se disolverá con agua fresca y solución de hidróxido de sodio hasta llegar a una concentración del 20% w/w, posteriormente será dosificado en el proceso de lixiviación para la disolución del oro y plata contenida en el mineral.

El hidróxido de sodio o soda cáustica se recibirá en formato sólido en sacos de 25 kg. Se disolverá en agua a una concentración del 1% w/w dentro de un tanque de polietileno y luego se adicionará a los tanques de lixiviación para el pulimiento del pH, esta solución también se utilizará para regular el pH en el tanque de mezclado del  $\text{NaCN}$ .

El polvo de zinc se empleará para precipitar el oro y la plata de la solución de la planta Merrill-Crowe, este insumo será entregado como polvo granular en cubetas de 25 kg, será mezclado con el polvo de diatomeas y la solución estéril.

El floculante aniónico al 20% se utilizará para incrementar la separación en los espesadores y mejorar la tasa de precipitación del mineral en los tanques espesadores lavadores. El floculante será introducido a los espesadores mediante una bomba. Se recibirá en supersacos de 700 kg.

El xantato isopropílico de sodio se utilizará en una concentración del 5-10% en el circuito de Flotación por sus propiedades colectoras de minerales metálicos.

El ácido clorhídrico se recibirá en cubicontenedor de 1 196 kg y se diluirá a una concentración del 3% para ser utilizado en el lavado químico del carbón y en la etapa de desorción.

El ácido nítrico se recibirá a granel por pipa a una concentración del 30% w/w y será dosificado a una concentración del 1% w/w en el proceso de lavado ácido.

El metabisulfito de sodio se recibirá supersacos de 1 350 kg. Se estima un stock máximo de 159 300 kg. El metabisulfito se recibe al 100% de concentración y se preparara al 20% de concentración para ser alimentado al sistema DETOX.

El diagrama general de bloques del proceso a desarrollar en el Proyecto Minero Ixtaca, se presenta en la Figura V.1.2-1.

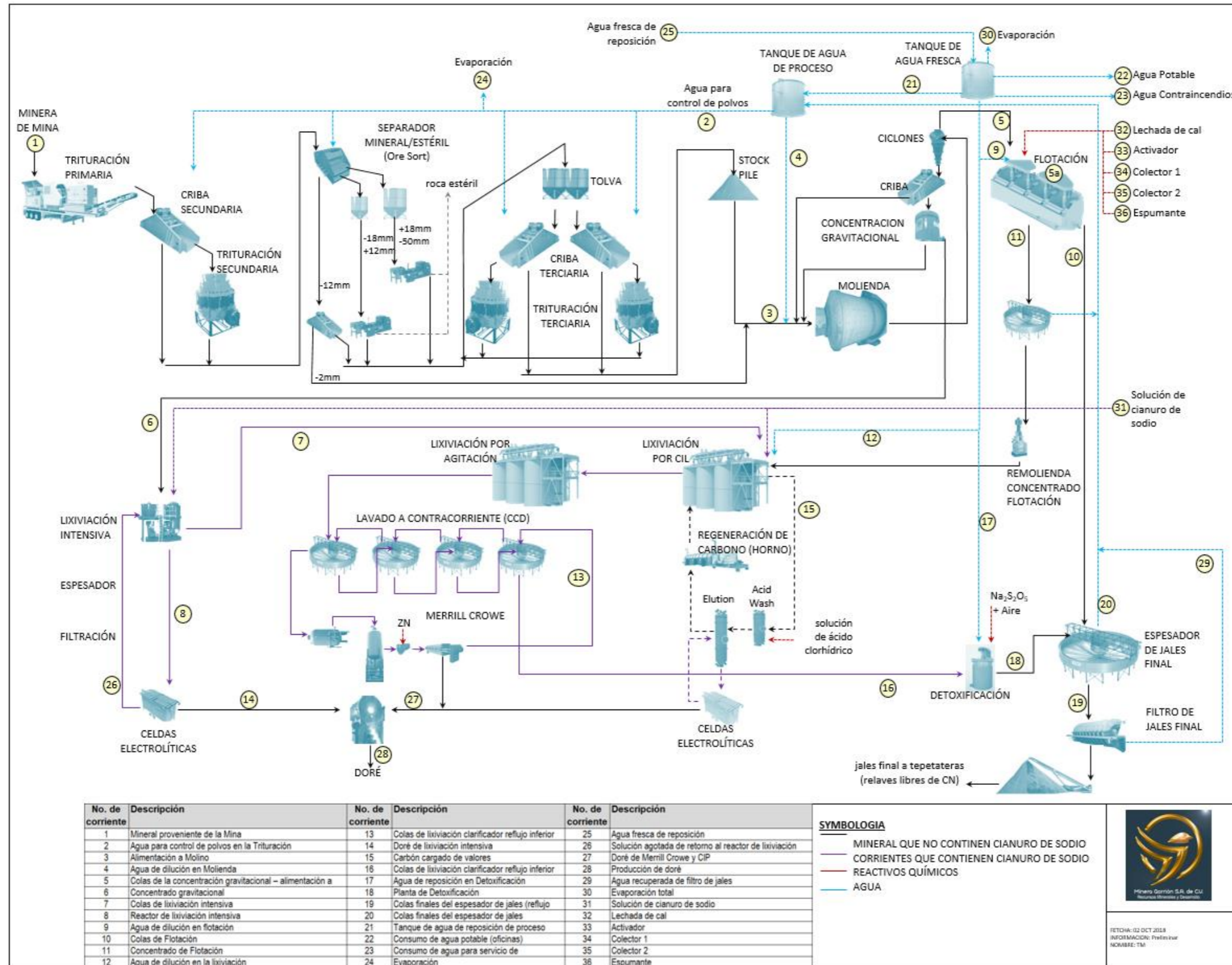


Figura V.1.2-1. Diagrama General de Bloques del Proyecto Minero Ixtaca



### **V.1.3. Distribución y Manejo de Reactivos Químicos.**

#### ***Cianuro de sodio.***

El cianuro de sodio se recibirá en flo-bins de 1 360 Kg. Durante la preparación de la solución cianurada, el saco de cianuro se izará a la parte superior del tanque de recepción de cianuro a través de un polipasto y se colocará dentro del rompedor de bolsas. El rompedor de bolsas cortará la bolsa del cianuro de sodio, descargando su contenido dentro del tanque de mezcla de cianuro (800-TK-060A) donde se alimentará agua fresca y solución de hidróxido de sodio. La solución de cianuro será enviada al tanque de dosificación de cianuro (800-TK-060B) con agitación mecánica donde la disolución tendrá una concentración del 20% w/w. La solución cianurada alimentará al ILR y tanques CIL a través de las bombas de distribución de cianuro.

Cualquier derrame de solución de cianuro quedará contenido en el área y será regresado al tanque de dilución de cianuro a través de una bomba de achique de cianuro.

#### ***Cal (óxido de calcio).***

La cal viva (óxido de calcio) será recibida a través de camión silo y almacenada en un silo de 100 toneladas. La cal será preparada con agua fresca en los tanques de preparación de lechada cal hidratada (800-TK-056 A/B) con agitación mecánica (800-MX-056 A/B). La lechada de cal ajustada a aproximadamente a un 20% de sólidos, será bombeada a las áreas de remolienda, tanque de destrucción de cianuro y ILR.

#### ***Hidróxido de sodio.***

El hidróxido de sodio o soda cáustica se recibirá en formato sólido en sacos de 25 kg. Se disolverá en agua en el tanque de preparación y dosificación (800-TK-066) con agitación mecánica (800-MX-066) a una concentración del 20% w/w. La soda cáustica (sólida) será adicionada por la parte superior del tanque a través de un polipasto, colocándose los costales dentro del rompedor de bolsas, el cual descarga su contenido dentro del tanque mientras se está llenado con agua fresca. La solución de hidróxido de sodio será distribuida al área de ILR, tanque de lavado de ácido/tanque solución de despojo, electrodeposición y tanque de preparación de solución de cianuro.

#### ***Polvo de zinc.***

El polvo de zinc se empleará para precipitar el oro y la plata de la solución de la planta Merrill-Crowe, este insumo será entregado como polvo granular en cubetas de 25 kg, será mezclado con el polvo de diatomeas y la solución estéril. El zinc se añadirá como una suspensión para efectuar la precipitación de metales preciosos y es normalmente adquirido como un polvo con un tamaño de entre  $P_{80}$  8-15 $\mu$ m. El polvo de zinc se almacenará conforme a las disposiciones que, en su oportunidad, determine la SEDENA.

#### ***Floculante aniónico.***

El floculante aniónico al 0.20% w/w se utilizará para incrementar la sedimentación en los espesadores y mejorar la tasa de precipitación del mineral en los tanques espesadores lavadores. El floculante será diluido e introducido a los espesadores mediante una bomba.

### **Ácido clorhídrico.**

El ácido clorhídrico será recibido en cubicontenedor de 1 196 Kg a una concentración del 30% w/w, y será enviado al tanque de mezclado ácido (800-TK-070) para diluirlo a una concentración del 3% w/w; finalmente será bombeado a los tanques donde se llevará a cabo el lavado ácido del carbón.

### **Ácido nítrico.**

El ácido nítrico será recibo por pipa a una concentración del 60-65% w/w y a través del tanque de dosificación (800-TK-102) será bombeado a una concentración del 1% w/w para ser utilizado en el proceso de lavado ácido.

### **Xantato isopropílico de sodio.**

El xantato isopropílico de sodio se recibirá en estado sólido en supersacos de 900 Kg; en dos tanques de preparación (800-TK-053 B/C) será diluido a una concentración del 10% w/w para ser dosificado en el circuito de Flotación.

### **Metabisulfito de Sodio.**

El circuito de destrucción de cianuro contempla el proceso INCO en el cual se utilizará metabisulfito de sodio preparado al 20% de concentración para el cual se proponen dos tanques de 4.26 de diámetro X 4.26 de altura; se adicionará cal en lechada para control del pH y para ello se tendrá una tolva de almacenamiento de 100 toneladas de capacidad y dos tanques para preparación de esta lechada de 4.75 m de diámetro por 4.75 m de altura. El agente oxidante será oxígeno gaseoso obtenido de la atmósfera mismo que se concentrará al 95% mediante la utilización de un generador de oxígeno. Estos reactivos se adicionarán a dos tanques reactores que tendrán un tiempo de residencia de 3 horas, tiempo requerido para llevar a cabo la destrucción de cianuro WAD y cianuro libre.

### **Circuito de combustible (diesel).**

Para los requerimientos de combustible de los generadores de energía eléctrica y la bomba de combustión interna de la red contraincendios, se empleará el diesel. Este será recibido a través de pipa y almacenado en un tanque cilíndrico vertical con capacidad de 400 m<sup>3</sup>. El tanque contará con dique de contención secundaria con capacidad suficiente para contener el volumen total del mismo en caso de derrame.

Derivado de que la operación de los generadores y la bomba contraincendios operarán sólo en caso de falla de energía eléctrica, el consumo de diesel será variable.

Los criterios de diseño a considerar en los reactivos químicos y combustible, se muestran en la tabla V.1.3-1.

*Tabla V.1.3-1 Criterios de diseño de los reactivos químicos*

Diseño de los reactivos	Unidad	Valor
<b>Cal viva (óxido de calcio)</b>		
Forma de entrega	Tipo	Camión-silo (sólido)
Capacidad del contenedor (tolva)	t	100
Porcentaje de masa seca (w/w)	%	90
Contenido de humedad	%	10
Gravedad específica		3.2

Diseño de los reactivos	Unidad	Valor
Capacidad máxima de almacenamiento	Kg	110 306
Consumo promedio	Kg/día	8 485
<b>Cianuro de sodio</b>		
Forma de entrega	Tipo	Flo-bins (briquetas)
Capacidad del contenedor	t	1 360 Kg
Concentración del reactivo entregado (w/w)	%	98% de NaCN
Concentración de solución en tanque de preparación (w/w)	%	20
Concentración del cianuro dosificado (w/w)	%	20
Gravedad específica del cianuro		1.081
Capacidad máxima de almacenamiento	Kg	162 000
Consumo promedio	Kg/día	5 368
<b>Hidróxido de sodio</b>		
Forma de entrega	Tipo	Saco (sólido)
Capacidad	Kg	25
Porcentaje de masa seca (w/w)	%	99
Capacidad de almacenamiento	Kg	19 150
Consumo promedio	Kg/día	638
<b>Ácido clorhídrico</b>		
Forma de entrega	Tipo	Cubicontenedor de 1,196Kg (líquido)
Concentración (w/w)	%	30
Capacidad máxima de almacenamiento	Kg	2 770
Consumo promedio	Kg/día	173
<b>Ácido nítrico</b>		
Forma de entrega	Tipo	Pipa
Concentración (w/w)	%	60-65
Capacidad máxima de almacenamiento	Kg	66 960
Consumo promedio	Kg	4 464
<b>Xantato isopropílico de sodio</b>		
Forma de entrega	Tipo	Supersaco de 900 kg (sólido)
Porcentaje de masa seca (w/w)	%	99
Capacidad máxima de almacenamiento	Kg	13 104
Consumo promedio	Kg/día	173
<b>Polvo de zinc</b>		
Forma de entrega	Tipo	Cubeta de 25 kg
Porcentaje de masa seca (w/w)	%	99
Capacidad máxima de almacenamiento	Kg	11 325
Consumo promedio	Kg/día	377
<b>Floculante aniónico</b>		
Forma de entrega	Tipo	Supersaco de 700 Kg (sólido)
Porcentaje de masa seca (w/w)	%	99
Capacidad máxima de almacenamiento	Kg	6 300
Consumo promedio	Kg/día	200
<b>Metabisulfito de sodio</b>		
Forma de entrega	Tipo	Supersaco 1 350 Kg (sólido)
Concentración (w/w)	%	100%
Capacidad máxima de almacenamiento	Kg	159 300
Consumo promedio	Kg/día	10 550
<b>Diesel (estación de servicio)</b>		
Forma de entrega	Tipo	Pipa
Tamaño del tanque de la pipa	m <sup>3</sup>	10 - 20
Gravedad específica @ 16°C		0.83 – 0.87
Capacidad del tanque de recepción	m <sup>3</sup>	400
Consumo promedio anual	m <sup>3</sup>	27 - 40

Todos los reactivos utilizados se almacenarán en cantidades que no excedan los requerimientos para un máximo de 30 días de operación.

El almacén y manejo de reactivos requieren de precauciones especiales para el personal, cada reactivo será manejado individualmente siguiendo las precauciones contenidas en las hojas de seguridad; y éstas se mantendrán en las áreas operativas disponibles para su consulta.

El almacén de reactivos se construirá sobre piso de losa de concreto impermeable, con la inclinación necesaria para que cualquier derrame accidental sea canalizado hacia un cárcamo/sumidero de contención. El almacén contará con acceso restringido y solo podrá acceder el personal autorizado que se encuentre apropiadamente capacitado y provisto con equipo de seguridad. Los reactivos serán almacenados de acuerdo a su compatibilidad para evitar la posibilidad de reacción entre ellos, además de que se guardarán en sus envases originales, abriéndose hasta que sean utilizados y en el lugar de aplicación. Se colocarán señales y anuncios alusivos a la seguridad y manejo de los reactivos.

El diagrama de flujo de los circuitos de reactivos (cianuro de sodio, hidróxido de sodio y cal) se presenta en el Plano No. 800-PF-109 rev 3, en la Figura V.1.3-1.

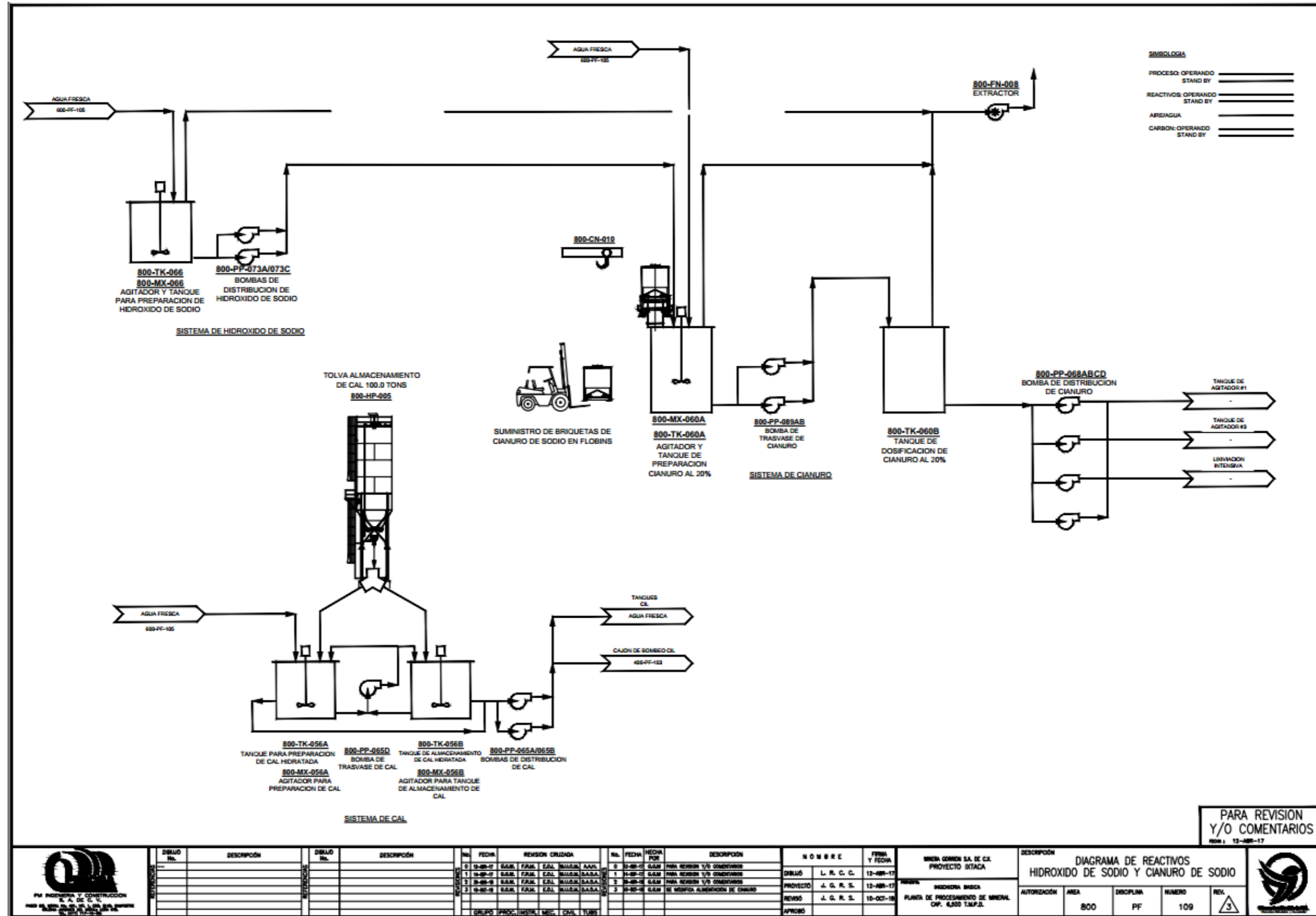


Figura V.1.3-1 Diagrama de Flujo de Reactivos Hidróxido de Sodio y Cianuro de Sodio No. 800-PF-109 Rev 3

**Operaciones de minado relacionadas con el manejo de explosivos:**

Parte de las operaciones a realizar en el Proyecto Minero Ixtaca es la extracción del mineral a través de la voladura, la cual consiste en fracturar o fragmentar la roca, o suelo duro, mediante el empleo de explosivos. El término “explosivos” en este documento hace referencia al conjunto de materiales que se utilizarán en el proyecto, que se integran por el explosivo lento (ANFO, compuesto por nitrato de amonio y diesel) y los detonantes que son: los fulminantes, el explosivo rápido (detonante), las mechas y los conectores. El proceso de reacción de un explosivo consiste en la “iniciación”, la “detonación” y el “resultado como fuerza”. El alto explosivo se divide en “primarios”, “secundarios” y “terciarios”; los explosivos “primarios” son los que se utilizan como iniciadores, son muy sensibles y violentos pero se utilizan en cantidades muy pequeñas en cada carga. El “cebo” o “primer” se forma con la combinación de un cartucho de alto explosivo (emulsiones o dinamita) con un iniciador (que puede ser un fulminante, detonador o cordón detonante). En las voladuras se utilizan “iniciadores” con “detonadores eléctricos” que se inician por una pequeña resistencia al paso de corriente eléctrica o por “detonadores no eléctricos de retardo” que transmiten una onda de choque a través de una manguera o tubo flexible.

El explosivo que será utilizado para el proyecto bajo análisis es el ANFO (Ammonium Nitrate Fuel Oil), que consiste para el caso en particular en una mezcla de nitrato de amonio y diesel. El “ANFO” es considerado como un alto explosivo terciario o como un “agente explosivo”, compuesto de nitrato de amonio (94%) mezclado con diesel (6%). El ANFO tiene baja sensibilidad a los golpes, y no inicia con fulminantes No.8 directamente, sino que requieren ser iniciados con “explosivos primarios” o “cebos” (primer). El ANFO es ideal para cargar una columna de un barreno en barrenos secos (pues no resiste bien al agua). La explosión del ANFO es sin destello, y la onda expansiva es muy poderosa en relación al poco monto que se debe usar. El ANFO es muy utilizado debido a que es muy seguro, barato y se puede adquirir con facilidad. Las cantidades exactas de ANFO utilizadas quedan a consideración del experto en explosivos encargado de realizar las voladuras en la mina.

Por reglamentación y criterio elemental en el manejo de explosivos, todas las actividades de manejo (transporte, almacenamiento, preprocesamiento, instalación) se realizan por separado para el explosivo (ANFO), y para los detonantes, reuniéndolos sólo hasta el último paso previo a la voladura.

Se contará con dos polvorines, los cuales se ubicarán en las siguientes coordenadas:

*Tabla V.1.3-2 Ubicación geográfica de los polvorines (1 y 2)*

Final Año -1 a 1	14Q		Polvorín #1		14Q		Polvorín #2	
		618635	E	Latitud	19° 41.26'	618635	E	Latitud
	2177305	N	Longitud	97° 52.09'	2177245	N	Longitud	97° 52.09'

Los agentes explosivos y accesorios se almacenarán en los polvorines y serán entregados en el sitio de la mina por medio un camión equipado con dispositivos neumáticos de transferencia. El nitrato de amonio y los detonantes serán almacenados en forma separada en los dos polvorines, los cuales cumplirán con las especificaciones que la Ley de Explosivos y Armas de Fuego establece, además de que estas especificaciones serán supervisadas de cerca por el personal especializado y asignado por la SEDENA. El diseño y especificaciones de los polvorines fundamentalmente asegurarán dos objetivos. El primero es que bajo ninguna situación, exista la posibilidad de que en ninguno de los polvorines haya materiales inflamables o combustibles, el segundo objetivo es evitar que los mismos puedan ser espacios confinados que multipliquen los efectos de una explosión. Esto se logra contando con una techumbre que si bien protege al

interior de los efectos climáticos, en caso de una explosión presente mínima resistencia, sea por el peso y por su anclaje. El mismo es el caso de la puerta. Por otro lado, las paredes deben ser de bloque y concreto armado. Con estas características, en el remoto caso de que ocurriera una explosión en el polvorín, la detonación sería liberada con mínima resistencia hacia el cielo, causando así un radio de afectación pequeño, con daños menores. Los polvorines estarán a la distancia reglamentaria.

Se estima que los polvorines cuenten con una capacidad de almacenamiento de 1-2 toneladas, y sean reabastecidos cada 1-2 meses.

#### V.1.4. Materias Primas, Productos, y Subproductos manejados en el Proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas

Durante la operación y mantenimiento del Proyecto Minero Ixtaca se requerirán insumos de diversa naturaleza: agua, minerales, reactivos químicos, explosivos y combustibles. Las características y cantidades de los mismos se detallan a continuación:

*Tabla V.1.4-1 Mineral involucrado*

ID	Recurso empleado	Etapas	Modo de Obtención	Cantidad empleada estimada	Lugar de obtención	Método de Obtención	Forma de suministro
1	Roca con minerales	Operación	Excavación	7 650 t/día	Tajo	Mecánico	Acarreo mediante camiones

Los reactivos químicos y combustibles que se utilizarán durante la operación y mantenimiento del proyecto se describen a continuación:

*Tabla V.1.4-2 Reactivos y sustancias a utilizar en la Planta de Beneficio del proyecto Minero Ixtaca*

Id	Reactivos/ Substancia	Nombre químico (IUPAC)/Técnico	No. CAS	Estado físico	Tipo de envase para almacenamiento	Stock máximo de almacenamiento	Área de consumo/ servicio
1	Cianuro de sodio	Cianuro de Sodio	143-33-9	Sólido	Flob-bins de 1 360 Kg	162 000 Kg	Lixiviación
2	Cal viva	Óxido de calcio	1305-78-8	Sólido	Tolva 100 t	110 306 Kg	Material triturado
3	Hidróxido de sodio	Hidróxido de sodio	1310-73-2	Sólido	Saco de 25 Kg	19 150 Kg	Lixiviación; preparación solución de cianuro; desorción
4	Ácido clorhídrico al 30%	Ácido clorhídrico	7647-01-0	Líquido	Cubcontenedor de 1 196 Kg	2 770 Kg	Lavado ácido; desorción
5	Ácido nítrico al 60-65%	Ácido nítrico	7697-37-2	Líquido	Tanque de 63.53 m <sup>3</sup>	66 960 Kg	Lavado ácido
6	Xantato isopropílico de sodio	Xantato isopropílico de sodio	140-93-2	Sólido	Supersaco de 900 Kg	13 104 Kg	Flotación
7	Metabisulfito de sodio	Metabisulfito de sodio	7681-57-4	Sólido	Supersaco de 1 350 Kg	159 300 Kg	Detoxificación
8	Floculante aniónico	ND	ND	Sólido	Supersaco de 700 Kg	6 300 Kg	Espesadores

Id	Reactivos/ Substancia	Nombre químico (IUPAC)/Técnico	No. CAS	Estado físico	Tipo de envase para almacenamiento	Stock máximo de almacena- miento	Área de consumo/ servicio
9	Polvo de zinc	Zinc	7440-66-6	Sólido	Cubeta de 25 Kg	11 325 Kg	Proceso de Merrill-Crowe
10	Líquido enfriador	Dependerá del equipo a emplear	ND	Líquido	Tambo 200 L	No disponible	Anticongelante
11	Aceite engranes	Dependerá del equipo a emplear	ND	Líquido	Tambo 200 L	No disponible	Lubricación
12	Grasa lubricante	Dependerá del equipo a emplear	ND	Sólido	Tambo 200 L	No disponible	Lubricación
13	Aceite hidráulico	Dependerá del equipo a emplear	ND	Líquido	Tambo 200 L	No disponible	Lubricación
14	Diesel	NA	68334-30-5	Líquido	Tanque de 400 m <sup>3</sup>	Variable	Equipos y maquinaria

Se emplearán explosivos en actividades relacionadas principalmente con la extracción del mineral, excavaciones y cortes. Las cantidades estimadas de materiales explosivos a emplear se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla V.1.4-3 Cantidades de explosivos a emplear*

Año	Cantidad promedio diaria (Kg) de material explosivo
-1	5 650
1	16 963
2	14 400
3	22 498
4	28 709
5	26 202
6	23 436
7	22 691
8	20 664
9	19 751
10	1 224

La transportación de los agentes explosivos será realizada por una compañía de explosivos subcontratada y almacenada en silos en el área de tajo. El diesel a emplear en las actividades de extracción se almacenará en un tanque, el cual se estima será reabastecido cada dos semanas.



Tabla V.1.4-4 Reactivos químicos y combustibles a utilizar en la operación del Proyecto Minero Ixtaca

	ALMACENAMIENTO										PROCESO				
	Sustancia	Consumo Promedio Estimado	Forma de suministro	Equipo Asociado	Especificaciones	Cap. máx. de almacenamiento	Cantidad reporte LAAR*	Nivel de Riesgo				Medidas de seguridad	Localización en planta	Área/ equipo de proceso	Conc. de la sustancia
								S	I	R	O				
PROCESO	Cianuro de Sodio	Flo-bins de 1 360 Kg	Flo-bins de 1 360 Kg	Proceso: Tanque para mezcla de cianuro de sodio /800-TK-060A al 20% w/w	Tanque cilíndrico vertical para mezcla de solución de cianuro de sodio con capacidad de 6.29 m <sup>3</sup> . Tanque cilíndrico vertical de dosificación de solución de cianuro/ 800-TK-060B con capacidad de 32 m <sup>3</sup> . Fabricados en acero al carbono.	Tanque de preparación de solución de cianuro con capacidad de 6.29 m <sup>3</sup> , a la concentración de 20% w/w (1 258 kg de NaCN). Tanque de dosificación de NaCN de 32 m <sup>3</sup> (20% de concentración en peso). Es decir, 6 400 Kg de NaCN.	1 kg (sólido) Cantidad de reporte en el 1er LAAR*:	3	0	2	--	Sensores de nivel y dique de contención secundaria.	Área de preparación de cianuro	Tanque de solución y tanques CIL	20% w/w en solución de cianuro
				No aplica	No aplica	162 toneladas						Se almacenará en seco bajo techo, sobre piso de cemento con muros de contención	Almacén de reactivos		
	Cal (óxido de calcio)	8 485 kg/día	A granel en camión silo de 20 toneladas	Proceso: Tanques de prep/dosif de lechada de cal/ 800- TK-056 A/B	Tanque cilíndrico vertical con capacidad de 54.10 m <sup>3</sup> . Fabricado en acero al carbón.	Tanque de almacenamiento de solución de cal hidratada de 18.19 m <sup>3</sup> (en solución 20% de concentración en peso). Es decir, 3 638 Kg de CaO en la solución.	No está reportada en los LAAR*	3	0	1	--	Sensores de nivel y dique de contención secundaria.	Área de preparación de reactivos	Circuito de lixiviación (tanques CIL y cajón de bombeo CIL) para mantener el pH de los lodos entre 10.5 a 11.0	Solución al 20% w/w
				Almacenamiento: Silo de 100 toneladas	Silo vertical de acero al carbón	100 toneladas						Se almacenará en seco, sobre piso de cemento	Fuera del almacén de reactivos		
	Hidróxido de sodio	638 kg/día	Sacos de 25 kg	Proceso: Tanque de prep/dist de Hidróxido de Sodio/ 800-TK-066	Tanque cilíndrico vertical con capacidad de 2.98 m <sup>3</sup> .	Tanque de almacenamiento de solución de hidróxido de sodio al 20% w/w (596 kg de NaOH)	No está reportada en los LAAR*	3	0	1	--	Sensores de nivel y dique de contención secundaria.	Área de preparación de reactivos	Tanques de lixiviación para el pulimento del pH y también se utilizará para regular el pH en el tanque de mezclado de cianuro de sodio	Solución al 20% w/w
				Almacenamiento: sacos de 25 kg	Saco de papel de 25 kg	819 150 kg en almacén						Se almacenará en seco, sobre piso de cemento	Almacén de reactivos		
	Metabisulfito de sodio	10 550 kg/día	Supersaco de 1 350 kg	Proceso: Tanques de solución de metabisulfito de sodio al 20% 800-TK-120 A/B	Tanques cilíndrico vertical con capacidad de 26.78 m <sup>3</sup> . Fabricado en acero al carbón.	Tanques cilíndrico vertical con capacidad de 26.78 m <sup>3</sup> a una concentración del 20% (10 712 Kg de metabisulfito de sodio)	No está reportada en los LAAR*	2	0	0	-	Sensores de nivel y dique de contención secundaria.	Área de Detoxificación	Etapa de destrucción de cianuro/ Reactores de detoxificación	Se preparará en solución al 20%
				Almacenamiento: supersacos de 1 350 kg	Supersaco de 1 350 kg	159 300 Kg						Se almacenará en seco bajo techo, sobre piso de cemento con muros de contención			
	Ácido clorhídrico	173 kg/día	Cubicontenedor de 1 196 Kg con ácido clorhídrico al 30% w/w	Proceso: Tanque de dosificación de ácido clorhídrico al 3% 800-TK-070	Proceso: Tanque de dosificación de ácido clorhídrico con capacidad de 16.13 m <sup>3</sup> .	Proceso: Tanque de dosificación de ácido clorhídrico con capacidad de 16.13 m <sup>3</sup> al 3% (484 Kg de HCl)	1 kg (gas) cloruro de hidrógeno. Cantidad de reporte en el 1er LAAR*:	3	0	1	--	Sensores de nivel y dique de contención secundaria.	Área de lavado químico y almacén de reactivos	Área de lavado químico y desorción del carbón	Solución al 3% w/w
				Cubicontenedor de 1 196 Kg	Cubicontenedor de 1 196 Kg	2 770 Kg al 30% (831 kg de HCl)						Se almacenará en seco bajo techo, sobre piso de cemento con muros de contención			

	ALMACENAMIENTO								PROCESO						
	Sustancia	Consumo Promedio Estimado	Forma de suministro	Equipo Asociado	Especificaciones	Cap. máx. de almacenamiento	Cantidad reporte LAAR*	Nivel de Riesgo				Medidas de seguridad	Localización en planta	Área/ equipo de proceso	Conc. de la sustancia
								S	I	R	O				
	Ácido nítrico	4 464 kg/día	Pipa	Tanque de dosificación de ácido nítrico 800-TK-102	Tanque de dosificación de ácido nítrico con capacidad de 66.53 m <sup>3</sup>	66 960 Kg al 65% (43 524 kg)	1 kg (gas) ácido nítrico. Cantidad de reporte en el 1er LAAR*:	3	0	1	OX	Sensores de nivel y dique de contención secundaria. Se almacenará en seco bajo techo, sobre piso de cemento con muros de contención	Almacén de reactivos	Área de lavado químico	Solución al 1% w/w
					No aplica										
	Xantato isopropílico de sodio	173 kg/día	Supersacos de 900 kg	Tanque de preparación de solución de isopropil xantato de sodio a concentración de 5 – 10% w/w	Tanque de preparación de solución con capacidad de 4.48 m <sup>3</sup>	Tanque de preparación de solución con capacidad de 4.48 m <sup>3</sup> al 10% (448 Kg de XIS)	No está reportada en los LAAR*	3	2	2	--	Sensores de nivel y dique de contención secundaria. Se almacenará en seco bajo techo, sobre piso de cemento con muros de contención	Almacén de reactivos	Área de flotación de mineral	Solución 5 – 10% w/w
					Supersacos de 900 kg	13 104 kg									
	Polvo de zinc	377 kg/día	Cubeta de 25 kg	--	--	11 325 kg	No está reportada en los LAAR*	1	3	1	--	Se almacenará en seco bajo techo, sobre piso de cemento.	Área de Merrill-Crowe	Proceso Merrill-Crowe	No aplica
	Floculante iónico	200 kg/día	Supersacos de 700 kg	--	--	6 300 kg al 20% (1 260 kg)	No está reportada en los LAAR*	1	0	0	--	Se almacenará en seco bajo techo, sobre piso de cemento.	Almacén de reactivos	Espesadores	Solución al 0.20% w/w
<b>SERVICIOS</b>	Diesel	27 - 40 m <sup>3</sup>	Líquido a granel, mediante carro-tanque	Tanque de diesel con capacidad de 400 m <sup>3</sup>	Tanque cilíndrico horizontal con capacidad de 400 m <sup>3</sup> , fabricado de acero al carbón doble pared.	Tanque de almacenamiento con capacidad de 400 m <sup>3</sup>	No está reportada en los LAAR*	0	2	0	--	Sistemas de monitoreo electrónico y alarma de detección de fugas. Contenedor de doble pared	Maquinaria y vehículos	Estación de servicio	No aplica

\*LAAR = Listados de Actividades Altamente Riesgosas

C = Corrosivo

OX = Oxidante

W = Reacciona con agua

Como se puede observar el cianuro de sodio es la única sustancia que se encuentra indicada en el 1er Listado de Actividades Altamente Riesgosas (LAAR), cuya cantidad máxima almacenada rebasa la reportada en el listado. Otras de las sustancias que serán integradas en la evaluación de riesgo es el ácido clorhídrico al 30%, que si bien no aparece en el 1er listado como tal, es necesario precisar que es una disolución del cloruro de hidrógeno, sustancia que se reporta en el 1er LAAR en estado gaseoso a partir de 1 kg, cualquier eventual derrame del ácido clorhídrico generará una nube donde estará presente el cloruro de hidrógeno. Finalmente, al igual que el caso anterior, el ácido nítrico se manejará en estado líquido diluido al 65% y no en estado gaseoso como lo reporta el listado, sin embargo, cualquier derrame y evaporación del mismo podría generar una nube que rebase la cantidad máxima de reporte (1 kg, 1er LAAR).

#### *V.1.4.1 Hojas de Seguridad*

En el **Anexo V.1** se presentan las hojas de seguridad de las sustancias peligrosas que se manejarán en las operaciones del proyecto Minero Ixtaca:

1. Cianuro de sodio y ácido cianhídrico.
2. Cal viva (óxido de calcio).
3. Hidróxido de sodio.
4. Ácido clorhídrico.
5. Metabisulfito de sodio.
6. Xantato isopropílico de sodio.
7. Polvo de zinc.
8. Floculante.
9. Diesel.

A continuación, se muestran las características fisicoquímicas y de riesgo de las sustancias peligrosas objeto del presente estudio de riesgo.

En la Tabla V.1.4.1-1 se presentan las características de riesgo y propiedades del cianuro de sodio.

*Tabla V.1.4.1-1 Características de riesgo y propiedades del cianuro de sodio*

Nombre de componentes	% (w/w)	No. CAS	No. UN	Grado de Riesgo			
				S	I	R	E
Cianuro de sodio	98 – 100	143-33-9	1689	3	0	2	ALC
<b>Propiedades fisicoquímicas del cianuro de sodio</b>			<b>Datos</b>				
Nombre comercial			Cianuro de sodio				
Nombre químico			Cianuro de sodio				
Sinónimos			Sal sódica del ácido cianhídrico				
Fórmula química			NaCN				
Estado físico			Sólido				
Peso molecular (gr/gmol)			49.01				
Apariencia y color			Polvo cristalino blanco, higroscópico, de olor característico. Inodoro seco.				
Punto de inflamación (°C)			No aplica				
Temperatura ebullición @ 1 atm (°C)			1496				
Temperatura de fusión (°C)			567.3				
Temperatura de autoignición (°C)			No aplica				
Presión de vapor (kPa)			0.1013 (800°C), 41.8 (1 360°C)				
Densidad (g/ml) @ 20°C			1.6				
Solubilidad en agua g/100 ml a 20°C			58				
Límites de explosividad (%) Inferior			No disponible				
Superior			No disponible				
Pictograma de peligro			<i>Palabra de advertencia</i> Peligro  <i>Indicaciones de peligro</i> H300 + H310 + H330 Mortal en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. EUH032 En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.				

Estabilidad química y reactividad

*Estabilidad Química:* Sustancia estable.

*Condiciones a evitar:* Debe evitarse el contacto de este producto con ácidos, agua o dióxido de carbono, pues se libera cianuro de hidrógeno.

*Incompatibilidad:* Es incompatible, además, con agentes oxidantes fuertes. La fusión o mezcla de cianuros metálicos con cloratos, percloratos, nitratos o nitritos metálicos, causa explosiones violentas

*Productos Peligrosos de Combustión:* Los productos de descomposición por calentamiento son: HCN, CO, CO<sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno.

*Peligros de Polimerización:* No polimeriza.

Niveles de toxicidad

*IDLH:* 25 mg/m<sup>3</sup>

*TLV (TWA):* 5 mg/m<sup>3</sup>

*LDLo (oral en humanos):* 2.857 mg/Kg

*LD<sub>50</sub> (oral en ratas):* 6.44 mg/Kg

*México: CPT: 5 mg/m<sup>3</sup> (como  $\bar{C}N$  por absorción por piel)*

*Estados Unidos:*

*TLV TWA: 5 mg/m<sup>3</sup> (como  $\bar{C}N$ )*

OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

PEL: Permissible Exposure Limit.

CL: Ceiling Limit: En TLV y PEL, la concentración máxima permisible a la cual se puede exponer un trabajador.

TWA: Time Weighted Average: Concentración en el aire a la que se expone en promedio un trabajador durante 8h, ppm ó mg/m<sup>3</sup>

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.

REL: Recommended Exposure Limit.

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

TLV: Threshold Limit Value.

IDLH: Immediately Dangerous to Life and Health.

### Efectos potenciales para la salud

Es muy tóxico y puede ser fatal si se absorbe a través de la piel, se ingiere o se inhala el HCN que se desprende de él al entrar en contacto con CO<sub>2</sub>, agua o ácidos. Los cianuros solubles en agua se absorben rápidamente a través de la piel, del tracto respiratorio y del gastrointestinal. La absorción de 50-100 mg en una sola dosis puede causar un colapso inmediato, cesando la respiración.

La toxicidad de los cianuros radica en la inhibición de enzimas involucradas en la respiración celular, por lo que una exposición aguda, resulta en muerte por asfixia.

La sangre de víctimas envenenadas por este producto tiene un color rojo cereza característico. Los efectos de un envenenamiento agudo son: cansancio, dolor de cabeza, debilidad, náusea, respiración rápida, convulsiones, coma y muerte.

Una exposición crónica por varios años, puede causar daños en la tiroides.

*Inhalación:* provoca irritación nasal, sangrado e incluso, perforación del septum, en concentraciones mayores de 5 mg/m<sup>3</sup>.

*Contacto con ojos:* Produce irritación, dolor, lagrimeo, erosión de la córnea e incluso ceguera.

*Contacto con la piel:* Además de irritarla, se absorbe a través de ella, presentándose los síntomas generales mencionados arriba. Conejos expuestos de manera crónica a estos productos a concentraciones de 1.7 mg/kg, ha producido dermatitis alérgicas.

*Ingestión:* los cianuros solubles en agua se absorben rápidamente a través del tracto intestinal, presentándose los síntomas mencionados. Se ha atribuido la atrofia óptica y sordera a un alto consumo de cianuro en la dieta de habitantes de países tropicales.

*Carcinogenicidad:* No existe información al respecto.

*Mutagenicidad:* No existe información al respecto.

*Peligros reproductivos:* Se ha informado de efectos degenerativos en algunas células de embrión de pollo in vitro.

### Precauciones en el manejo y almacenamiento

Al almacenarse en forma sólida o en disoluciones, los contenedores deben permanecer bien cerrados, en lugares secos y fríos y protegidos de la corrosión y datos físicos. Debe protegerse

de ácidos, concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> (para evitar la liberación de HCN) y alejados de mezclas de nitritos, nitratos o peróxidos. Las áreas deben estar bien ventiladas.

Procedimiento a seguir en caso de fugas y derrames

*Medidas de protección al medio ambiente:* No verter al alcantarillado.

Información para su transportación terrestre

Las unidades que sean utilizadas para transportar materiales peligrosos deben cumplir con las especificaciones establecidas en las normas correspondientes.

Es responsabilidad del proveedor proporcionar la descripción e información del producto que se transporte.

Es responsabilidad del transportista tener las autorizaciones legales correspondientes que en el ámbito de su competencia emitan la SCT y demás dependencias del Ejecutivo federal, de conformidad con las disposiciones legales aplicables con respecto a los materiales y residuos peligrosos.


Nombre comercial	Cianuro de sodio
Identificación DOT (Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América)	UN 1689 (UN: Naciones Unidas)
Clasificación de riesgo (DOT)	Clase 6.1 Grupo de embalaje: I
Identificación durante su transporte	Cartel cuadrangular en forma de rombo de 273 mm x 273 mm (10 3/4" x 10 3/4"), con el número de Naciones Unidas en el centro y la Clase de riesgo DOT en la esquina inferior.



En la Tabla V.1.4.1-2 se presentan las características de riesgo y propiedades del ácido clorhídrico.

*Tabla V.1.4.1-2 Características de riesgo y propiedades del ácido clorhídrico al 30%*

Nombre de componentes	% (w/w)	No. CAS	No. UN	Grado de Riesgo			
				S	I	R	E
Ácido clorhídrico	30	7647-01-0	1789	3	0	1	--
Agua	70	7732-18-5	--	0	0	0	--
Propiedades fisicoquímicas del ácido clorhídrico		Datos					
Nombre comercial		Ácido clorhídrico					
Nombre químico		Ácido clorhídrico					
Sinónimos		Ácido muriático, cloruro de hidrógeno acuoso					
Fórmula química		HCl					
Estado físico		Líquido					
Peso molecular (gr/gmol)		36.46					
Apariencia y color		Incoloro olor ocre					
Punto de inflamación (°C)		No aplicable					
Temperatura ebullición (°C)		84					
Temperatura de fusión (°C)		-26 a -52					
Temperatura de autoignición (°C)		No se conoce					
Presión de vapor @ 20°C (kPa)		2.13 - 28.3					
Densidad (25°C) g/cm <sup>3</sup>		1.15					

Nombre de componentes	% (w/w)	No. CAS	No. UN	Grado de Riesgo			
				S	I	R	E
Densidad relativa de vapor (aire =1)				1.27			
Solubilidad en agua (g/100) @ 20°C				Muy soluble			
Límites de explosividad (%) Inferior				No disponible			
Superior				No disponible			
Viscosidad				1.79 cPs			
Pictograma de peligro				<p><b>Palabra de advertencia</b>                      Peligro</p> <p><b>Indicaciones de peligro</b>                      H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.                      H335 Puede irritar las vías respiratorias.</p>			

### Estabilidad química y reactividad

**Estabilidad Química:** El material es estable bajo condiciones normales.

**Materiales incompatibles:** Incompatible con bases. Metales Agentes oxidantes. Ácidos. Aminas. Agentes reductores.

**Productos de descomposición peligrosos:** En presencia de humedad, en contacto con metales desprende hidrógeno (gas inflamable entre el 4 y el 75% en volumen en aire). Cuando se calienta, emite gases tóxicos de cloruro de hidrógeno. En contacto con hipoclorito sódico desprende cloro.

**Peligros de Polimerización:** No polimeriza.

Condiciones que deben evitarse: Temperaturas superiores a 40 °C y luz solar directa.

### Niveles de toxicidad

**IDLH:** 100 ppm.

**IDLH (revisado):** 50 ppm.

**TLV/TWA:** 5 ppm (7 mg/m<sup>3</sup>).

**STEL:** 10 ppm (15 mg/m<sup>3</sup>).

**OSHA TLV- TWA:** 5 ppm (límite de exposición permisible durante jornadas de ocho horas para trabajadores expuestos día tras día sin sufrir efectos adversos).

**NIOSH REL:** 5 ppm; como promedio durante un turno laboral de 10 horas.

IDLH revisado: 50 ppm. El IDLH revisada para el cloruro de hidrógeno es 50 ppm basado en los datos de toxicidad aguda por inhalación en los seres humanos [Flury y Zernik de 1931; Henderson y Haggard 1943; Biol ficha por 1933].

OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

PEL: Permissible Exposure Limit.

CL: Ceiling Limit: En TLV y PEL, la concentración máxima permisible a la cual se puede exponer un trabajador.

TWA: Time Weighted Average: Concentración en el aire a la que se expone en promedio un trabajador durante 8h, ppm ó mg/m<sup>3</sup>

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.

REL: Recommended Exposure Limit.

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

TLV: Threshold Limit Value.

IDLH: (Immediately Dangerous to Life and Health).

### Efectos potenciales para la salud

*Vías de exposición Ingestión. Inhalación.* Contacto con la piel. Contacto con los ojos.

*Contacto con los ojos: Corrosivo.* Provoca quemaduras graves de los ojos. El vapor / spray puede dañar el ojo y causar problemas de la visión o ceguera.

*Contacto con la piel: Corrosivo.* Provoca quemaduras graves de la piel.

*Inhalación: Corrosivo.* Puede causar daños a las membranas mucosas de la nariz, garganta, pulmones y sistema bronquial.

*Ingestión: Corrosivo.* La ingestión puede producir quemaduras en los labios, cavidad oral, vías respiratorias superiores, esófago y posiblemente en el tubo digestivo.

*Órganos establecidos:* Ojos. Piel. Pulmones. Sistema respiratorio.

*Efectos crónicos: Corrosivo.* El contacto prolongado puede causar serias lesiones a la piel.

### Información ecotoxicológica

*Persistencia y degradabilidad:* El producto en la superficie del suelo es biodegradable. Si se localiza dentro del suelo se puede filtrar a las fuentes de agua superficiales.

*Potencial de bioacumulación:* No bioacumulable.

*Movilidad:* Aire: volatilidad importante. Agua: solubilidad y movilidad importantes.

*Suelo/sedimentos:* solubilidad y movilidad importantes.

*Otros efectos adversos:* El principal efecto en el medio acuático es la alteración del pH, el cual depende de la concentración del ácido. Este ácido se caracteriza por disociarse totalmente; por lo tanto puede afectar significativamente las condiciones normales del medio acuático.

### Precauciones en el manejo de ácido clorhídrico

Almacene en áreas frías y ventiladas lejos de los rayos solares y fuentes de calor. Los recipientes no deben ser apilados. Siempre deben ser almacenados en posición vertical. Guarde lejos de combustibles, material explosivo y sustancias incompatibles. El lugar de almacenamiento debe ser espacioso con control de temperatura y provisto de un suministro de agua. En caso de una descomposición inicial diluya inmediatamente con agua desmineralizada. Almacene sólo en recipientes de polipropileno, polietileno de alta densidad, vidrio o en Acero 316.

### Medidas de liberación accidental

*Precauciones personales:* Mantenga alejado al personal que no sea necesario. Use equipo y ropa de protección apropiados durante la limpieza. Evite ponerse viento abajo. Mantenga alejado de áreas bajas. Ventilar los espacios cerrados antes de entrar. Las autoridades locales deben ser informadas si los derrames importantes no pueden contenerse.

*Precauciones ambientales:* Impida nuevos escapes o derrames de forma segura. No verter los residuos al desagüe, al suelo o las corrientes de agua.



**Métodos de contención:** Detenga el flujo de material si esto no entraña riesgos. Forme un dique para el material derramado donde sea posible. Evite la entrada en vías acuáticas, alcantarillados, sótanos o áreas confinadas.

**Métodos de limpieza:** Derrames grandes: Preparar dique delante de los derrames para luego facilitar la eliminación. Usar un material no combustible como vermiculita, arena o tierra para absorber el producto y colocarlo en un recipiente para su eliminación posterior.

**Derrames pequeños:** Limpie con material absorbente (por ejemplo tela, vellón). Limpie cuidadosamente la superficie para eliminar los restos de contaminación. Nunca regrese el producto derramado al envase original para reutilizarlo. Limpiar en consonancia con los reglamentos aplicables. Neutralice el área contaminada y el agua de lavado con carbonato de sodio o cal. Recoger en un contenedor no combustible para su pronta eliminación.

J.T.Baker NEUTRASORB® ácidos neutralizantes son recomendados para los derrames de este producto.

Manejo y almacenamiento

**Manejo:** Evite el contacto con los ojos, la piel o la ropa. No degustar o ingerir el producto. Lávese cuidadosamente después de la manipulación. Prohibido comer, beber y fumar durante la utilización del producto. Tenga precaución cuando lo combine con agua; NO agregue agua a los ácidos, SIEMPRE agregue ácidos al agua mientras agita para evitar que se libere calor, vapor de agua y emanaciones.

**Almacenamiento:** Mantenga el envase cerrado, en un lugar seco, fresco y bien ventilado. No guardar en recipientes de metal.

Información para su transportación

Nombre comercial	Ácido clorhídrico
Identificación DOT (Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América)	UN 1789 (UN: Naciones Unidas)
Clasificación de riesgo (DOT)	Clase de riesgo: 8
Etiqueta de embarque	Corrosivo
Identificación durante su transporte	Cartel cuadrangular en forma de rombo de 273 mm x 273 mm (10 3/4" x 10 3/4"), con el número de Naciones Unidas en el centro y la Clase de riesgo DOT en la esquina inferior.




En la Tabla V.1.4.1-3 se presentan las características de riesgo y propiedades del ácido nítrico al 65%.

*Tabla V.1.4.1-3 Características de riesgo y propiedades del ácido nítrico*

Nombre de componentes	%	No. CAS	No. UN	Grado de Riesgo			
				S	I	R	E
Ácido nítrico	65	7697-37-2	2031	3	0	1	OX
Agua	35	7732-18-5	--	0	0	0	--

Propiedades fisicoquímicas del ácido nítrico

Propiedades	Datos
Nombre comercial	Ácido nítrico
Nombre químico	Ácido nítrico
Sinónimos	Aqua fortis, Ácido azotico. Nitrato de hidrógeno, Hidróxido de nitrilo.
Fórmula química	HNO <sub>3</sub>
Estado físico	Líquido
Peso molecular (gr/gmol)	63.02
Apariencia y color	Incoloro a ligeramente amarillento con olor sofocante
Punto de inflamación (°C)	No disponible
Temperatura ebullición @ 1 atm (°C)	120.4
Temperatura de fusión (°C)	- 42
Temperatura de autoignición (°C)	No disponible
Presión de vapor @ 20°C (mm Hg)	63.1
Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) @ 20°C	1.51
Densidad relativa de vapor (aire =1)	2
Solubilidad en agua (% peso)	Completamente soluble
Límites de explosividad (%) Inferior	No disponible
Superior	No disponible
Pictograma de peligro	 <p><b>Indicaciones de peligro</b>                      H290 Puede ser corrosivo para los metales                      H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves                      H331 Tóxico en caso de inhalación</p>

Estabilidad química y reactividad

**Estabilidad Química:** Sustancia estable. Se descompone al calentarla suavemente, produciendo óxidos de nitrógeno.

**Condiciones a evitar:** Incompatibles, sustancias inflamables, compuestos orgánicos o combustibles. Evitar el calor y la humedad.

**Incompatibilidad:** Todos los materiales orgánicos y agentes reductores, alcalinos, agentes oxidantes, aminas.

**Productos Peligrosos de Combustión:** Óxidos de nitrógeno. Si se calienta puede descomponerse, emitiendo gases corrosivos o tóxicos.

**Peligros de Polimerización:** No polimeriza.

Niveles de toxicidad

IDLH: 25 ppm  
 TLV (TWA): 2 ppm

NIOSH REL TWA: 2 ppm (5 mg/m<sup>3</sup>) ST 4 ppm (10 mg/m<sup>3</sup>)  
 OSHA PEL TWA: 2 ppm (5 mg/m<sup>3</sup>)  
 ACGIH TLV STEL: 4 ppm TWA: 2 ppm

OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

PEL: Permissible Exposure Limit.

CL: Ceiling Limit: En TLV y PEL, la concentración máxima permisible a la cual se puede exponer un trabajador.

TWA: Time Weighted Average: Concentración en el aire a la que se expone en promedio un trabajador durante 8h, ppm ó mg/m<sup>3</sup>

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.

REL: Recommended Exposure Limit.

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

TLV: Threshold Limit Value.

### Efectos potenciales para la salud

**Inhalación:** La inhalación aguda de este producto produce estornudos, ronquera, laringitis, problemas para respirar, irritación del tracto respiratorio y dolor del tórax. En casos extremos se presenta sangrado de nariz, ulceración de las mucosas de la nariz y boca, edema pulmonar, bronquitis crónica y neumonía. Signos severos de intoxicación se presentan de 5 a 48 h después de la exposición, habiendo respirado como mínimo 25 ppm en un período de 8 h. También causa erosión de los dientes bajo períodos prolongados de exposición.

**Contacto con ojos:** Produce irritación, dolor, lagrimeo, erosión de la córnea e incluso ceguera.

**Contacto con la piel:** Para la piel es peligroso tanto líquido como forma de vapor. Causa quemaduras severas, la piel adquiere un color amarillo y se presenta dolor y dermatitis.

**Ingestión:** Este ácido es muy corrosivo y puede destruir los tejidos gastrointestinales. Los principales síntomas de una intoxicación por ingestión de ácido son: salivación, sed intensa, dificultad para tragar, dolor y shock, se producen quemaduras en boca, esófago y estómago, hay dolor estomacal y debilitamiento. En caso de vómito, éste generalmente es café. Si la cantidad ingerida es grande puede presentarse un colapso circulatorio.

**Carcinogenicidad:** Se han informado de casos en los que se relaciona a los vapores de éste ácido junto con trazas de metales carcinogénicos y asbesto con cáncer de laringe.

### Precauciones en el manejo y almacenamiento

Almacenar en fresco, secos y bien ventilados. Manténgase alejado de álcalis, metales, productos orgánicos, material oxidable.

### Procedimiento a seguir en caso de fugas y derrames

**Medidas de protección al medio ambiente:** No verter al alcantarillado.

**Procedimientos de recolección/limpieza:** Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar el área. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes presentables, neutralizar cuidadosamente el residuo con carbonato sódico o cal. No absorber en aserrín u otros absorbentes combustibles.

### Otras precauciones. Precauciones que deben ser tomadas para el manejo y almacenamiento:

Almacenar en lugares fríos, secos y bien ventilados. Manténgase alejado de álcalis, metales, productos orgánicos, material oxidable.

El ácido nítrico en todas sus concentraciones debe ser almacenado en tambos y tanques de acero inoxidable, pero si la concentración es mayor de 80 % puede hacerse en recipientes de aluminio.

Para cantidades pequeñas pueden utilizarse recipientes de vidrio protegidos con latas metálicas y empacadas en cajas o barriles de madera.

Información para su transportación terrestre

Las unidades que sean utilizadas para transportar materiales peligrosos deben cumplir con las especificaciones establecidas en las normas correspondientes.

Es responsabilidad del proveedor proporcionar la descripción e información del producto que se transporte.

Es responsabilidad del transportista tener las autorizaciones legales correspondientes que en el ámbito de su competencia emitan la SCT y demás dependencias del Ejecutivo federal, de conformidad con las disposiciones legales aplicables con respecto a los materiales y residuos peligrosos.

Nombre comercial	Ácido nítrico
Identificación DOT (Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América)	UN 2031 (UN: Naciones Unidas)
Clasificación de riesgo (DOT)	Clase 8 Grupo de embalaje: II
Etiqueta de embarque	Corrosiva, para altas concentraciones puede actuar como oxidante
Identificación durante su transporte	Cartel cuadrangular en forma de rombo de 273 mm x 273 mm (10 3/4" x 10 3/4"), con el número de Naciones Unidas en el centro y la Clase de riesgo DOT en la esquina inferior.



**V.1.5. Almacenamiento**

En la Tabla V.1.5-1 se muestra la información sobre las sustancias y especificaciones del equipo de almacenamiento.

*Tabla V.1.5-1 Especificaciones del equipo de almacenamiento y proceso relacionado con las sustancias peligrosas*

Equipo/ TAG	Canti- dad	Ubicación	Dimensiones generales	Presión operación	Temperatura operación	Código y/o norma de construcción	Capacidad de almacenamiento	Sistemas, instrumentación y control
<b>Reactivos químicos (proceso)</b>								
Tanque para mezcla de cianuro de sodio/800-TK-060A	1	Área de reactivos	Ø = 2.44 m Altura = 2.44 m	Atmosférica	Ambiente	API 650	6.29 m <sup>3</sup> (operativo) 11.40 m <sup>3</sup> (nominal)	Sensores de nivel alto y bajo Dique de contención
Tanque de dosificación de cianuro de sodio/ 800-TK-060B	1	Área de reactivos	Ø = 3.66 m Altura = 3.66 m	Atmosférica	Ambiente	API 650	32 m <sup>3</sup> (operativo) 38.48 m <sup>3</sup> (nominal)	Sensores de nivel alto y bajo Dique de contención
Tanque de prep/dist de hidróxido de sodio/ 800-TK-066	1	Área de reactivos	Ø = 1.83 m Altura = 1.83 m	Atmosférica	Ambiente	API 650	2.98 m <sup>3</sup> (operativo) 4.81 m <sup>3</sup> (nominal)	Sensores de nivel alto y bajo Dique de contención
Tanques de solución de	2	Área de detoxificación	Ø = 3.66 m Altura = 3.66 m	Atmosférica	Ambiente	API 650	26.78 m <sup>3</sup> (operativo)	Sensores de nivel alto y bajo

Equipo/ TAG	Canti- dad	Ubicación	Dimensiones generales	Presión operación	Temperatura operación	Código y/o norma de construcción	Capacidad de almacenamiento	Sistemas, instrumentación y control
metabisulfito de sodio al 20% 800-TK-120 A/B							38.48 m <sup>3</sup> (nominal)	Dique de contención
Silo almacenamiento de cal viva	1	Área de reactivos	No disponible	Atmosférica	Ambiente	ND	100 toneladas	No requeridos
Tanques de prep/dosif de lechada de cal/ 800- TK-056 A/B	2	Área de reactivos	Ø = 3.66 m Altura = 3.66 m	Atmosférica	Ambiente	API 650	18.19 m <sup>3</sup> (operativo) 38.48 m <sup>3</sup> (nominal)	Sensores de nivel alto y bajo Dique de contención
Tanque de dosificación de ácido clorhídrico al 30% 800-TK-070	1	Área de reactivos	Ø = 2.80 m Altura = 4.80 m	Atmosférica	Ambiente	API 650	16.13 m <sup>3</sup> (operativo) 29.54 m <sup>3</sup> (nominal)	Sensores de nivel alto y bajo Dique de contención
Tanque de dosificación de ácido nítrico al 60-65% 800-TK-102	1	Área de reactivos	Ø = 5.0 m Altura = 4.0 m	Atmosférica	Ambiente	API 650	66.53 m <sup>3</sup> (operativo) 78.50 m <sup>3</sup> (nominal)	Sensores de nivel alto y bajo Dique de contención
Tanques de prepa/dosif de Xantato isopropilico de sodio/ 800-TK-053 B/C	2	Área de reactivos	Ø = 2.135 m Altura = 2.36 m	Atmosférica	Ambiente	API 650	4.48 m <sup>3</sup> (operativo) 7.64 m <sup>3</sup> (nominal)	Sensores de nivel alto y bajo Dique de contención
<b>Combustibles (transportes de mina y servicios)</b>								
Tanque de almacenamiento de Diésel	1	Estación de autoconsumo	Ø = 7.20 m Altura = 9.60 m	Atmosférica	Ambiente	UL 142 NFPA 30A	400 m <sup>3</sup>	Sistemas de monitoreo electrónico y alarma de detección de fugas Contenedor de doble pared

En la Figura V.1.5-1 se presenta el arreglo general de planta indicado las principales áreas de almacenamiento de reactivos químicos y combustibles.

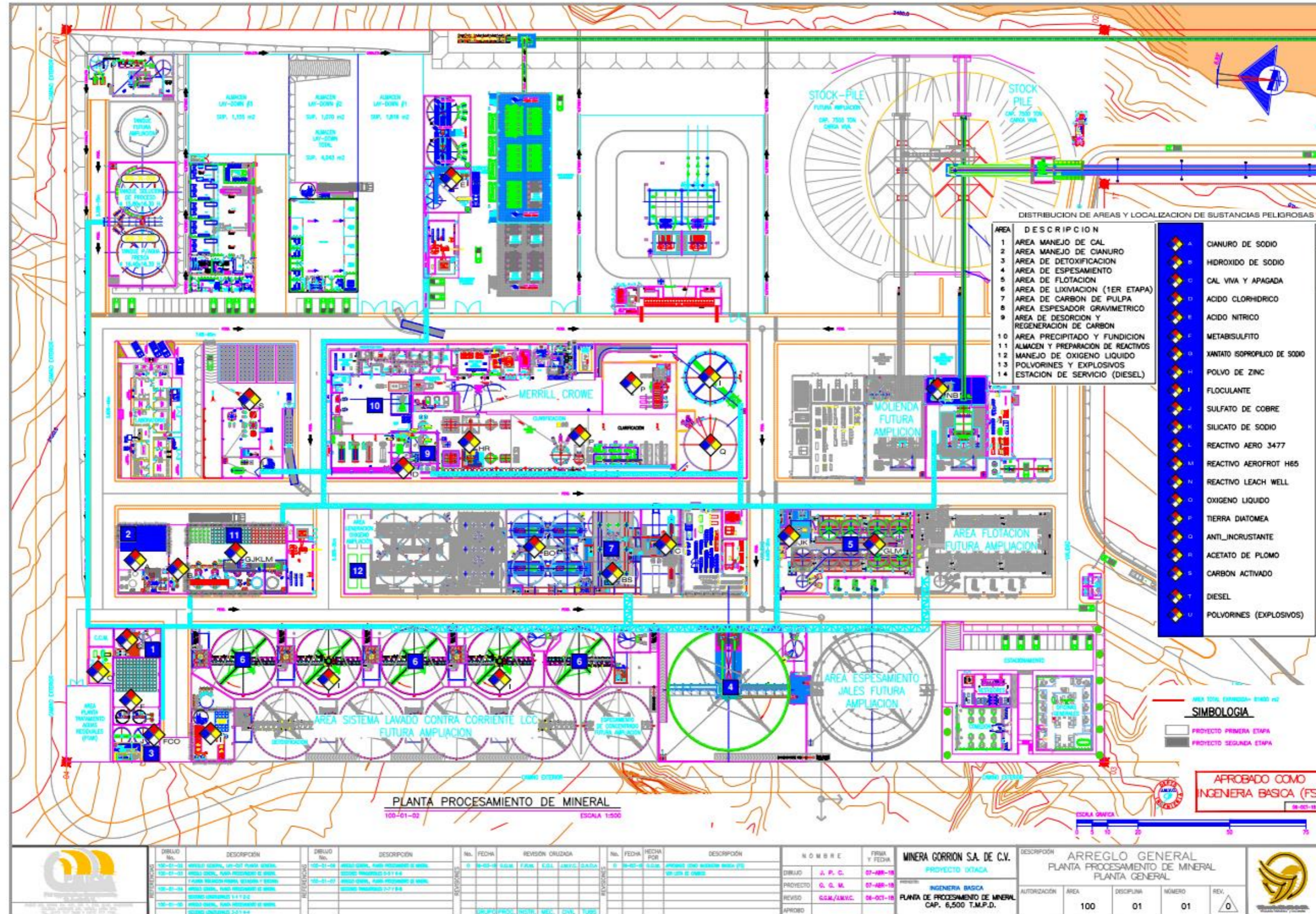


Figura V.1.5-1 Arreglo general de planta indicado las principales áreas de almacenamiento y manejo de reactivos químicos y combustibles

### V.1.6. Equipos de Proceso y Auxiliares

A continuación, se detalla el equipo de proceso y auxiliares a emplear en el proyecto Minero Ixtaca.

Tabla V.1.6-1 Características de los equipos de proceso

Equipo	Especificaciones	Para 7 650 t/día	Para 15 300 t/día adicional
<b>ETAPA DE TRITURACIÓN</b>			
Triturador Primario	Triturador de Quijadas montado sobre chasis 42" x 50" 200 HP	Existente	Existente
Alimentador Triturador Primario	Alimentador Vibratorio Grizzly 50"x20"x 5" abertura	Existente	Existente
Estación de Trituración Secundaria	1 Criba de Preclasificación montado sobre chasis, Triturador de Cono, correa de descarga	Existente	
Triturador Secundario	1 x Triturador de Cono Cabeza Estándar 5.5' , Raptor XL400 400HP	Existente	1 nuevo Triturador Secundario
Criba secundaria	1 x Criba Vibratoria Doble Deck 6'x20' , 450 tc/h	Existente	1 nueva Criba Vibratoria
Estación de Triturador Terciario	2 x Cribas de Preclasificación montados sobre Chasis, Triturador de Cono, Correa de Descarga	Existente	
Triturador Terciario	2 x Triturador de Cono Cabeza Estándar 5.5', Raptor XL400 de 400 HP	Existente	1 Triturador Terciario
Criba Terciario	1 x Criba Vibratorio doble Deck 6'x20', 450 tc/h	Existente	1 nueva Criba Terciaria
<b>ETAPA DE CONCENTRACIÓN GRAVITACIONAL Y MOLIENDA</b>			
Preclasificación - Molienda	Criba Vibratoria Doble Deck 10,000 pulg2 , top 5 mm, abajo 1.7 mm	Nuevo	Duplicar
Concentración Gravitacional	Concentrador Gravitacional 1-SB5200, 4 x C4000	Existente, Falcon	Un SB5200 o equivalente
Molienda	Molino de Bolas 18.43 x 25.63, 2 x 2,000 kW, por rebose	Existente, Rauma-Repola	Duplicar
Molienda	Molino de Bolas 12.00 x 14.00, 671 kW	Nuevo, Rauma-Repola	Duplicar
Clasificación de Molienda	Criba Stack Derrick 2SG48-60R/W-5STK	Nuevo, Derrick Corporation	Duplicar
<b>ETAPA DE FLOTACIÓN Y REMOLIENDA DE CONCENTRADOS</b>			
Celdas de Flotación	1 Banco Rougher 4 x 160 m <sup>3</sup> , aire forzado, celda mecánica	Nuevo	Duplicar
Remolienda de Conc. Rougher	Molino Sepro Tyre Drive, 2.1 x 2.3 m @ 33. kW	Nuevo	Duplicar
Remolienda Conc Gravitacional	Sepro Tyre Drive Mill, 1.2 x 2.3 m @ 37 kW	Nuevo, sobre skids	Existente
<b>ETAPA DE LIXIVIACIÓN DE CONCENTRADOS</b>			
Tanque de lixiviación Intensiva	2 x Tanque Agitado 2 x 5.6m diámetro x 7.6 alto	Nuevo	Duplicar
Tanque lixiviación por agitación	6 x Tanque Agitado 6 x 10.7m diámetro x 14m alto	Existente, modificado	Duplicar
<b>RECUPERACIÓN DE METALES</b>			
Tanque para Carbón en Pulpa (CIP)	6 x Tanque Agitado 6 x 6m diámetro x 8m alto	Nuevo	Duplicar
Reactivación de Carbón	Kiln Denver KL001 100 lb	Existente para ser expandido	Duplicar
Caldera	Boiler Tube 2.4 MM BTU, 4-3000	Existente para ser expandido	Duplicar
<b>RECUPERACIÓN DE METALES</b>			
Electrodeposición	2 x 25kW Rectificador de Celda de Electroobtención	Existente para ser expandido	Duplicar
Espesador	2 x Espesador de Pulpa para lavado de sólidos en circuito en contra corriente	Nuevo	Existente
Hidro ciclones	2 x Batería de Hidro Ciclones para lavado de sólidos en circuito en contra corriente	Nuevo	Duplicar

Equipo	Especificaciones	Para 7 650 t/día	Para 15 300 t/día adicional
Filtros clarificadores	3 x Filtros de clarificación de soluciones	Nuevo	Duplicar
De-aireación	Columna de vacío para de-airear solución	Nuevo	Duplicar
Cono de contacto	1 x Cono para contacto de polvo de zinc con solución	Nuevo	Duplicar
Filtro de precipitado	3 x Filtro de prensa para filtrado del precipitado	Nuevo	Duplicar
Horno de fundición	1 x Horno de fundición	Existente, expandido	Duplicar o reemplazar por uno de mayor tamaño
<b>DETOXIFICACIÓN</b>			
Detoxificación	2 X Reactor de Detoxificación, 167.6 m <sup>3</sup>	Nuevo	Duplicar
<b>ESPESAMIENTO Y FILTRADO DE JALES</b>			
Espesador	1 x Espesador de pulpa para jales, Ø40m	Nuevo	Duplicar
Filtrado	5 x Filtro de Discos Cerámicos, mod 1CX12-204	Nuevo	Duplicar
Transportador	1 x Transportador de banda de 30" X 57m	Nuevo	Modificar
Transportador	1 x Transportador de banda de 30" X 280m	Nuevo	Modificar

El arreglo general de áreas y ubicación del equipo principal de proceso y servicios, se muestra en la Figura V.1.6-1.



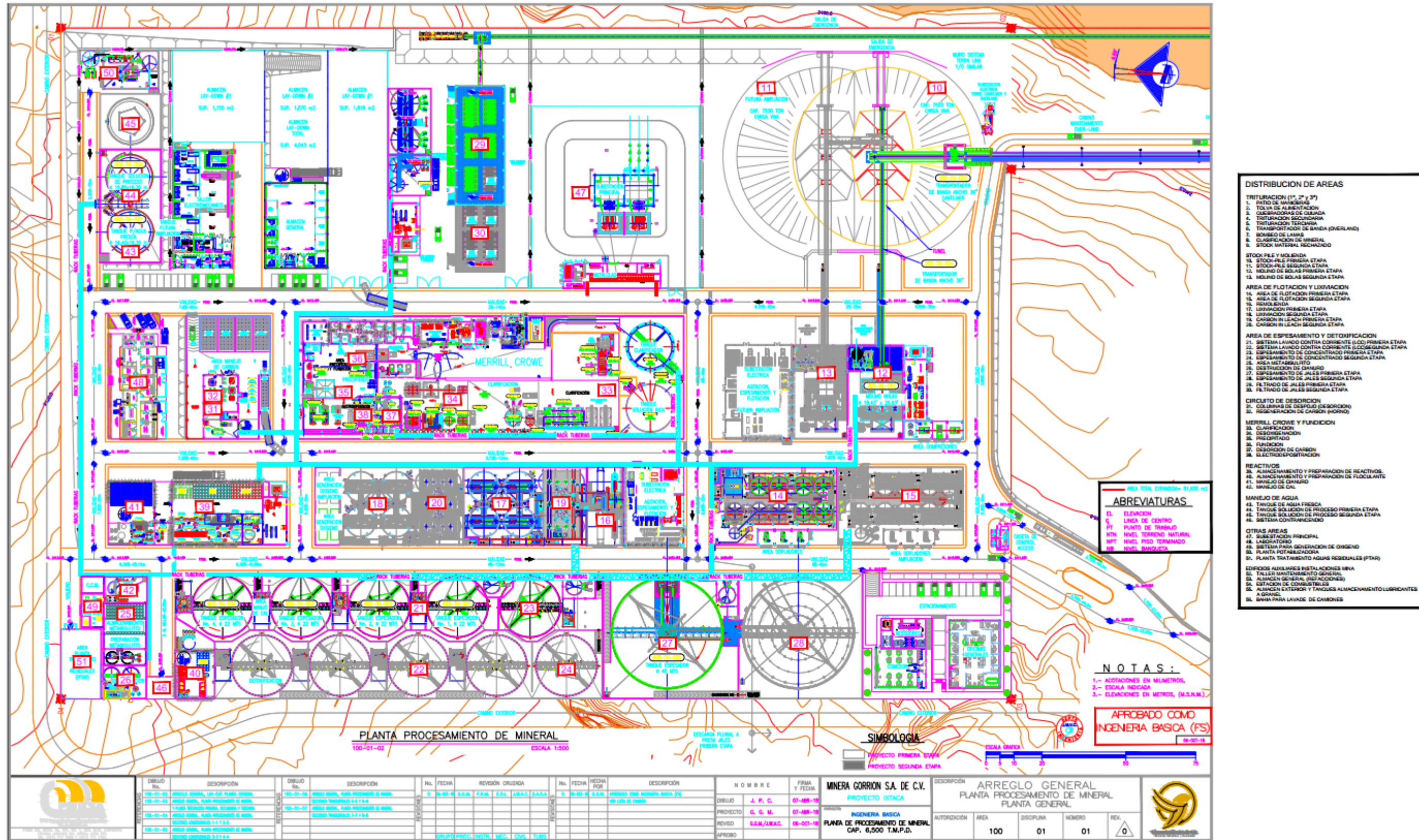
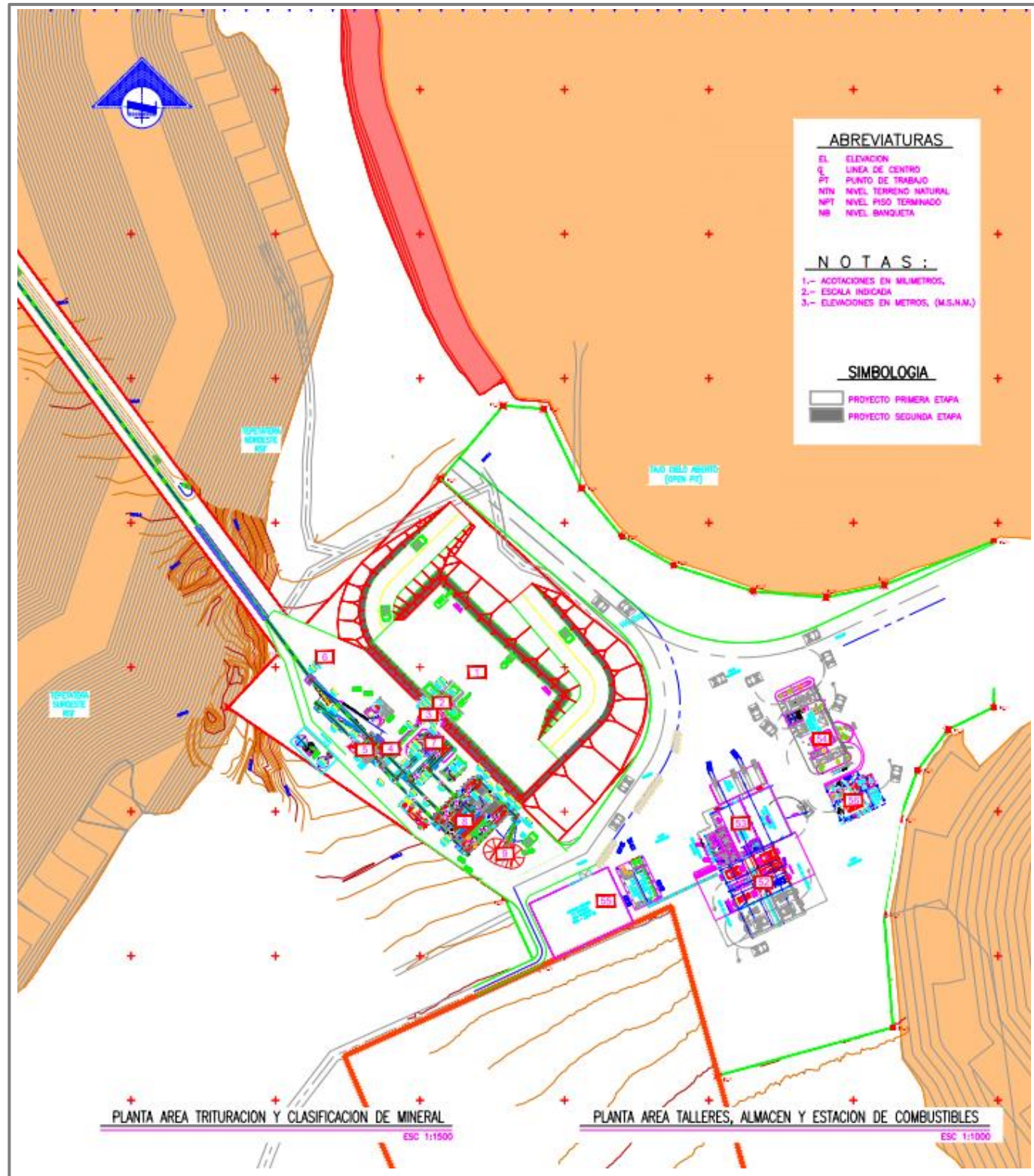


Figura V.1.6-1 Arreglo general de áreas y ubicación de equipo principal de proceso y servicios



**DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS Y EQUIPOS PRINCIPALES**

**DISTRIBUCION DE AREAS**

**TRITURACION (1ª, 2ª y 3ª)**

1. PATIO DE MANIOBRAS
2. TOLVA DE ALIMENTACION
3. QUEBRADORAS DE QUIJADA
4. TRITURACION SECUNDARIA
5. TRITURACION TERCIARIA
6. TRANSPORTADOR DE BANDA (OVERLAND)
7. BOMBEO DE LAMAS
8. CLASIFICACION DE MINERAL
9. STOCK MATERIAL RECHAZADO

**STOCK PILE Y MOLIENDA**

10. STOCK-PILE PRIMERA ETAPA
11. STOCK-PILE SEGUNDA ETAPA
12. MOLINO DE BOLAS PRIMERA ETAPA
13. MOLINO DE BOLAS SEGUNDA ETAPA

**AREA DE FLOTACION Y LIXIVIACION**

14. AREA DE FLOTACION PRIMERA ETAPA
15. AREA DE FLOTACION SEGUNDA ETAPA
16. REMOLIENDA
17. LIXIVIACION PRIMERA ETAPA
18. LIXIVIACION SEGUNDA ETAPA
19. CARBON IN LEACH PRIMERA ETAPA
20. CARBON IN LEACH SEGUNDA ETAPA

**AREA DE ESPESAMIENTO Y DETOXIFICACION**

21. SISTEMA LAVADO CONTRA CORRIENTE (LCC) PRIMERA ETAPA
22. SISTEMA LAVADO CONTRA CORRIENTE (LCC)SEGUNDA ETAPA
23. ESPESAMIENTO DE CONCENTRADO PRIMERA ETAPA
24. ESPESAMIENTO DE CONCENTRADO SEGUNDA ETAPA
25. AREA MET ABISULFITO
26. DESTRUCCION DE CIANURO
27. ESPESAMIENTO DE JALES PRIMERA ETAPA
28. ESPESAMIENTO DE JALES SEGUNDA ETAPA
29. FILTRADO DE JALES PRIMERA ETAPA
30. FILTRADO DE JALES SEGUNDA ETAPA

**CIRCUITO DE DESORCION**

31. COLUMNAS DE DESPOJO (DESORCION)
32. REGENERACION DE CARBON (HORNO)

**MERRILL CROWE Y FUNDICION**

33. CLARIFICACION
34. DESOXIGENACION
35. PRECIPITADO
36. FUNDICION
37. DESORCION DE CARBON
38. ELECTRODEPOSITACION

**REACTIVOS**

39. ALMACENAMIENTO Y PREPARACION DE REACTIVOS.
40. ALMACENAMIENTO Y PREPARACION DE FLOCULANTE
41. MANEJO DE CIANURO
42. MANEJO DE CAL

**MANEJO DE AGUA**

43. TANQUE DE AGUA FRESCA
44. TANQUE SOLUCION DE PROCESO PRIMERA ETAPA
45. TANQUE SOLUCION DE PROCESO SEGUNDA ETAPA
46. SISTEMA CONTRA INCENDIO

**OTRAS AREAS**

47. SUBESTACION PRINCIPAL
48. LABORATORIO
49. SISTEMA PARA GENERACION DE OXIGENO
50. PLANTA POTABILIZADORA
51. PLANTA TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES (PTAR)

**EDIFICIOS AUXILIARES INSTALACIONES MINA**

52. TALLER MANTENIMIENTO GENERAL
53. ALMACEN GENERAL (REFACCIONES)
54. ESTACION DE COMBUSTIBLES
55. ALMACEN EXTERIOR Y TANQUES ALMACENAMIENTO LUBRICANTES A GRANUL
56. BAHIA PARA LAVADE DE CAMIONES

Figura V.1.6-1 (continuación) Arreglo general de áreas y ubicación de equipo principal de proceso y servicios

### V.1.7. Pruebas de Verificación

Los tanques atmosféricos de acero al carbón contarán con una certificación de garantía por parte del fabricante y el estampado otorgado por la UL.

Los tanques, tuberías y sus accesorios serán sometidos a pruebas de hermeticidad neumáticas o hidrostáticas aplicando los requerimientos normativos. En las pruebas neumáticas, los tanques, previamente desconectados y cerrados herméticamente de todas sus boquillas, se les colocarán refuerzos temporales en la parte baja con el fin de evitar deformaciones permanentes aplicando una presión interna del orden de 0.14 a 0.21 Kg/cm<sup>2</sup> (2 – 3lb/pulg<sup>2</sup>) en tanques con diámetro mayor de 3 658mm (12 pies), y de 0.35 Kg/cm<sup>2</sup> (5lb/pulg<sup>2</sup>) ó en diámetros menores.

El Código A.S.M.E. sección IX, establece que toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura de acuerdo a la clasificación de la junta y que, además, el operador deberá contar con un certificado que lo acredite como soldador calificado. Una vez realizada la soldadura o soldaduras en los tanques, éstas se someterán a pruebas y ensayos como: ultrasonido, radiografiado, líquidos penetrantes, etc., donde la calidad de la soldadura es responsabilidad del fabricante.

La prueba más comúnmente utilizada es la de radiografiado, la cual podrá ser total o por puntos. También será necesario realizar pruebas de dureza en las soldaduras horizontales y verticales que se efectúan durante la construcción del tanque, así como también en las zonas cercanas a estos cordones.

A continuación se describen las pruebas no destructivas

#### 1. Examen Radiográfico.

La radiografía como método de prueba no destructivo, se basa en la capacidad de penetración que caracteriza principalmente a los Rayos X y a los Rayos Gama. Con este tipo de radiación es posible irradiar un material y, si internamente, este material presenta cambios internos considerables como para dejar pasar, o bien, retener dicha radiación, entonces es posible determinar la presencia de dichas irregularidades internas, simplemente midiendo o caracterizando la radiación incidente contra la radiación retenida o liberada por el material.

Comúnmente, una forma de determinar la radiación que pasa a través de un material, consiste en colocar una película radiográfica, cuya función es cambiar de tonalidad en el área que recibe radiación. En procedimiento consiste en radiar al material metálico a evaluar a través de una fuente radiactiva, el cual a su vez presenta internamente una serie de poros, los cuales por contener aire o algún otro tipo de gas, dejan pasar más cantidad de radiación que en cualquier otra parte del material. El resultado queda plasmado en la película radiográfica situada en la parte inferior del material metálico.

Como puede observarse el método de radiografía es sumamente importante, ya que nos permite obtener una visión de la condición interna de los materiales. De aquí que sea ampliamente utilizado en la evaluación de soldaduras.

Sin embargo, este método también tiene sus limitaciones. El equipo necesario para realizar una prueba radiográfica puede representar una seria limitación si se considera su costo de adquisición y mantenimiento. Más aún, dado que en este método de prueba se manejan materiales radiactivos, es necesario contar con un permiso autorizado para su uso, así como

también, con detectores de radiación para asegurar la integridad y salud del personal que realiza las pruebas radiográficas.

## 2. Examen de Partículas Magnéticas (PM).

Las pruebas a través de partículas magnéticas se realizarán conforme el código ASME sección V artículo 7, y se basa en el principio físico conocido como "magnetismo", el cual exhiben principalmente los materiales ferrosos como el acero y, consiste en la capacidad o poder de atracción entre metales. Es decir, cuando un metal es magnético, atrae en sus extremos o polos a otros metales igualmente magnéticos o con capacidad para magnetizarse.

De acuerdo con lo anterior, si un material magnético presenta discontinuidades en su superficie, éstas actuarán como polos, y por tal, atraerán cualquier material magnético o ferromagnético que esté cercano a las mismas. De esta forma, un metal magnético puede ser magnetizado local o globalmente y se le pueden esparcir sobre su superficie, pequeños trozos o diminutas "partículas magnéticas" y así observar cualquier acumulación de las mismas, lo cual es evidencia de la presencia de discontinuidades sub-superficiales y/o superficiales en el metal. Para asegurarse de captar todas las grietas, es necesario sondear la zona en dos direcciones.

## 3. Examen Ultrasonico.

El método de ultrasonido se basa en la generación, propagación y detección de ondas elásticas (sonido) a través de los materiales, para lo cual se emplea un sensor o transductor acústicamente acoplado en la superficie del material a evaluar. Este sensor, contiene un elemento piezo-eléctrico, cuya función es convertir pulsos eléctricos en pequeños movimientos o vibraciones, las cuales a su vez generan sonido, con una frecuencia en el rango de los megahertz (inaudible al oído humano). El sonido o las vibraciones, en forma de ondas elásticas, se propagan a través del material hasta que pierden por completo su intensidad ó hasta que topan con una interfase, es decir algún otro material tal como el aire o el agua y, como consecuencia, las ondas pueden sufrir reflexión, refracción, distorsión, etc. Lo cual puede traducirse en un cambio de intensidad, dirección y ángulo de propagación de las ondas originales.

De esta manera, es posible aplicar el método de ultrasonido para determinar ciertas características de los materiales tales como:

- Velocidad de propagación de ondas.
- Tamaño de grano en metales.
- Presencia de discontinuidades (grietas, poros, laminaciones, etc.)
- Adhesión entre materiales.
- Inspección de soldaduras.
- Medición de espesores de pared.

Como puede observarse, con el método de ultrasonido es posible obtener una evaluación de la condición interna del material en cuestión. El método es más complejo en la práctica y de manda personal calificado para su aplicación e interpretación de indicaciones o resultados de prueba

## 4. Examen de Líquido Penetrante (LP).

El método o prueba de líquidos penetrantes (LP), se basa en el principio físico conocido como "capilaridad" y consiste en la aplicación de un líquido, con buenas características de penetración en pequeñas aberturas, sobre la superficie limpia del material a inspeccionar. Una vez que ha

transcurrido un tiempo suficiente, como para que el líquido penetrante recién aplicado, penetre considerablemente en cualquier abertura superficial, se realiza una remoción o limpieza del exceso de líquido penetrante, mediante el uso de algún material absorbente (papel, trapo, etc.) y, a continuación se aplica un líquido absorbente, comúnmente llamado revelador, de color diferente al líquido penetrante, el cual absorberá el líquido que haya penetrado en las aberturas superficiales.

Por consiguiente, las áreas en las que se observe la presencia de líquido penetrante después de la aplicación del líquido absorbente, son áreas que contienen discontinuidades superficiales (grietas, perforaciones, etc.)

En general, existen dos principales técnicas del proceso de aplicación de los LP: la diferencia entre ambas es que, en una se emplean líquidos penetrantes que son visibles a simple vista ó con ayuda de luz artificial blanca y, en la segunda, se emplean líquidos penetrantes que solo son visibles al ojo humano cuando se les observa en la oscuridad y utilizando luz negra o ultravioleta, lo cual les da un aspecto fluorescente.

Estas dos principales técnicas son comúnmente conocidas como: Líquidos Penetrantes Visibles y Líquidos Penetrantes Fluorescentes. Cada una de estas, pueden a su vez, ser divididas en tres subtécnicas: aquellas en las que se utiliza líquidos removibles con agua, aquellas en las que se utiliza líquidos removibles con solvente y aquellas en las que se utilizan líquidos posemulsificables.

Cada una de las técnicas existentes en el método de LP, tiene sus ventajas, desventajas y sensibilidad asociada. En general, la elección de la técnica a utilizar dependerá del material en cuestión, el tipo de discontinuidades a detectar y el costo.

Ningún método de ensayo no destructivo puede garantizar la presencia de fallas. Hay otros métodos de examen que se utilizan con menor amplitud; entre ellos se encuentran los de las corrientes parásitas, resistencias eléctricas, acústicas y pruebas térmicas.

Las partículas magnéticas, o la PLP son eficientes en grietas superficiales y para las fallas internas, o sub superficiales se utilizan el RX, o ultrasonido.

## 5. Inspección Visual (IV).

La inspección visual (IV) es sin duda una de las Pruebas No Destructivas (PND) más ampliamente utilizada, ya que gracias a esta se podrá obtener información rápidamente de la condición superficial de los materiales que se estén inspeccionando (cuerpo, uniones, juntas y otros elementos), con el simple uso del ojo humano. El personal que realizará la inspección visual deberá tener pleno conocimiento sobre los materiales que esté inspeccionando, así como también, del tipo de irregularidades o discontinuidades a detectar en los mismos.

El examen incluye la verificación de los requisitos del código y del diseño de ingeniería para los materiales y componentes, dimensiones, soldaduras o uniones, soportes, ensambles e instalación.

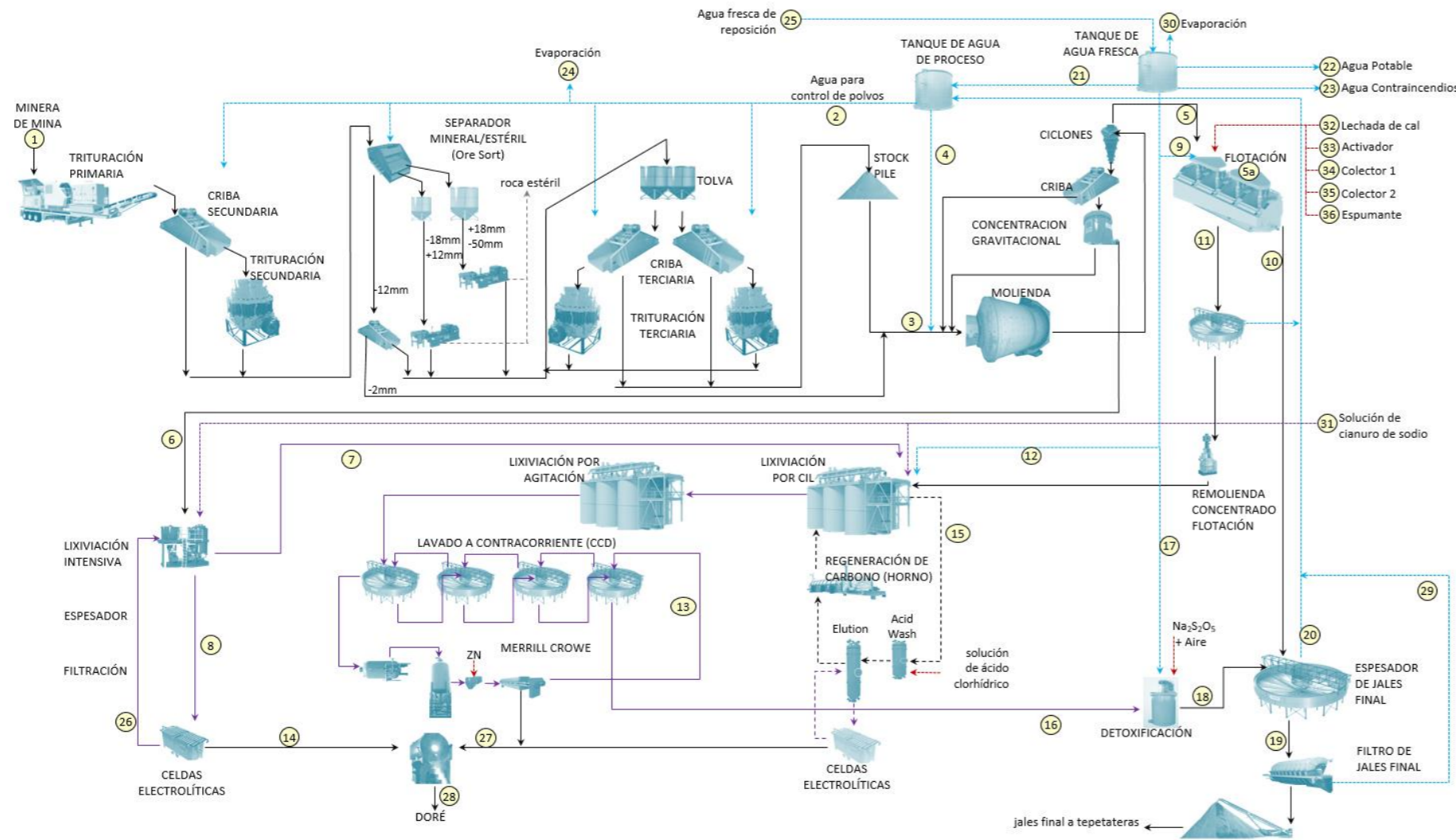
El fabricante determinará las pruebas no destructivas con que serán evaluados los equipos antes de su entrega e instalación. Durante la operación del equipo y dependiendo de las horas de operación, recomendaciones del proveedor y el mantenimiento proporcionado, se realizarán

inspecciones a fin de determinar la integridad mecánica de los mismos, cumplimiento entre otros requerimientos las normas mexicanas.

## **V.1.8 Condiciones de Operación**

### *V.1.8.1 Balance de Materia*

El volumen de solución que actuará cíclicamente sobre el mineral en la etapa de lixiviación será de 77 m<sup>3</sup>/día. Es importante resaltar que, debido a que la solución lixivante será recirculada durante el proceso, la cantidad de agua que se adicionará será a la que corresponde al volumen perdido por absorción en el mineral. En la Figura V.1.8.1-1, se esquematiza el balance de materia del Proyecto Minero Ixtaca, y en la Figura V.1.8.1-2 el diagrama de la solución cianurada, cuyo balance final quedará definido una vez que se alcancen las condiciones normales de operación del proceso de lixiviación.



No. de corriente	Descripción
1	Mineral proveniente de la Mina
2	Agua para control de polvos en la Trituración
3	Alimentación a Molino
4	Agua de dilución en Molienda
5	Colas de la concentración gravitacional - alimentación a Flotación
6	Concentrado gravitacional
7	Colas de lixiviación intensiva
8	Reactor de lixiviación intensiva
9	Agua de dilución en flotación
10	Colas de Flotación
11	Concentrado de Flotación
12	Agua de dilución en la lixiviación
13	Colas de lixiviación clarificador reflujo inferior
14	Doré de lixiviación intensiva
15	Carbón cargado de valores
16	Colas de lixiviación clarificador reflujo inferior
17	Agua de reposición en Detoxificación
18	Planta de Detoxificación
19	Colas finales del espesador de jales (reflujo inferior)
20	Colas finales del espesador de jales (sobreflujo)
21	Tanque de agua de reposición de proceso
22	Consumo de agua potable (oficinas)
23	Consumo de agua para servicio de contraincendios
24	Evaporación
25	Agua fresca de reposición
26	Solución agotada de retorno al reactor de lixiviación intensiva
27	Doré de Merrill Crowe y CIP
28	Producción de doré
29	Agua recuperada de filtro de jales
30	Evaporación total
31	Solución de cianuro de sodio
32	Lechada de cal
33	Activador
34	Colector 1
35	Colector 2
36	Espumante

Corriente	Unidades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	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	35	36		
Sólidos	T/día	12,000	-	7,620	-	7,612	8	8	-	-	6,470	1,142	-	-	-	3.48	1,150	-	1,150	7,620	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.65	5.36	0.96	0.96	0.48	0.46
Sólidos	w/w (%)	97	-	97	-	33	40	40	-	-	33	33	-	-	-	100	40	-	35	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sólidos	SG	2.64	-	2.64	-	2.64	3.00	2.64	-	-	2.64	2.64	-	-	-	0.5	3	-	2.64	2.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sólidos	m³/día	4,545	-	2,886	-	2,883	3	3	-	-	2,451	433	-	-	-	6.96	435	-	435	2,886	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sólidos	g/t Au	0.795	-	1.11	-	0.52	593	11.85	-	-	0.05	3.15	-	-	-	900	0.41	-	0.41	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sólidos	g/t Ag	58.6	-	85.4	-	71.3	14129.1	423.9	-	-	7.0	435.7	-	-	-	26,000	25.13	-	25.1	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sólidos	g Au	9,540	-	8,489	-	3,956	4,533	91	-	-	354	3,601	-	-	-	3,133	468	-	468.4	823	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sólidos	g Ag	703,680	-	651,120	-	543,034	108,086	3,243	-	-	45,578	497,455	-	-	-	90,511	0	-	0	45,578	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Solución	T/día	371	200	263	15,181	15,455	11	11	14	0	13,137	2,318	0	11,649	-	-	1,724	411	2,135	7,620	7,652	1,615	100	0	100	1,756	14	-	-	0	50	77	5.4	4.8	4.8	2.4	2.3		
Solución	T/m³	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Solución	m³/día	371	200	263	15,181	15,455	11	11	14	0	13,137	2,318	0	11,649	-	-	1,724	411	2,135	7,620	7,652	1,615	100	0	100	1,756	14	-	-	0	50	77	5.4	4.8	4.8	2.4	2.3		
Solución	g/l Reactivos	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	5	-	-	5	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Solución	g/l Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Solución	g/l Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-	-	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Solución	g Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,442	-	-	0	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Solución	g Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104,843	-	-	200	-	200	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lodos	T/día	12,371	-	7,883	-	23,068	19	19	-	-	19,608	3,460	-	-	-	-	2,874	-	3,284	15,240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Lodos	T/m³	2.52	-	2.50	-	1.26	1.36	1.33	-	-	1.26	1.26	-	-	-	-	1.33	-	1.28	1.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Lodos	m³/día	4,917	-	3,149	-	18,339	14	14	-	-	15,588	2,751	-	-	-	-	2,160	-	2,570	10,506	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Figura V.1.8.1-1 Balance de materia general del Proyecto Minero Ixtaca

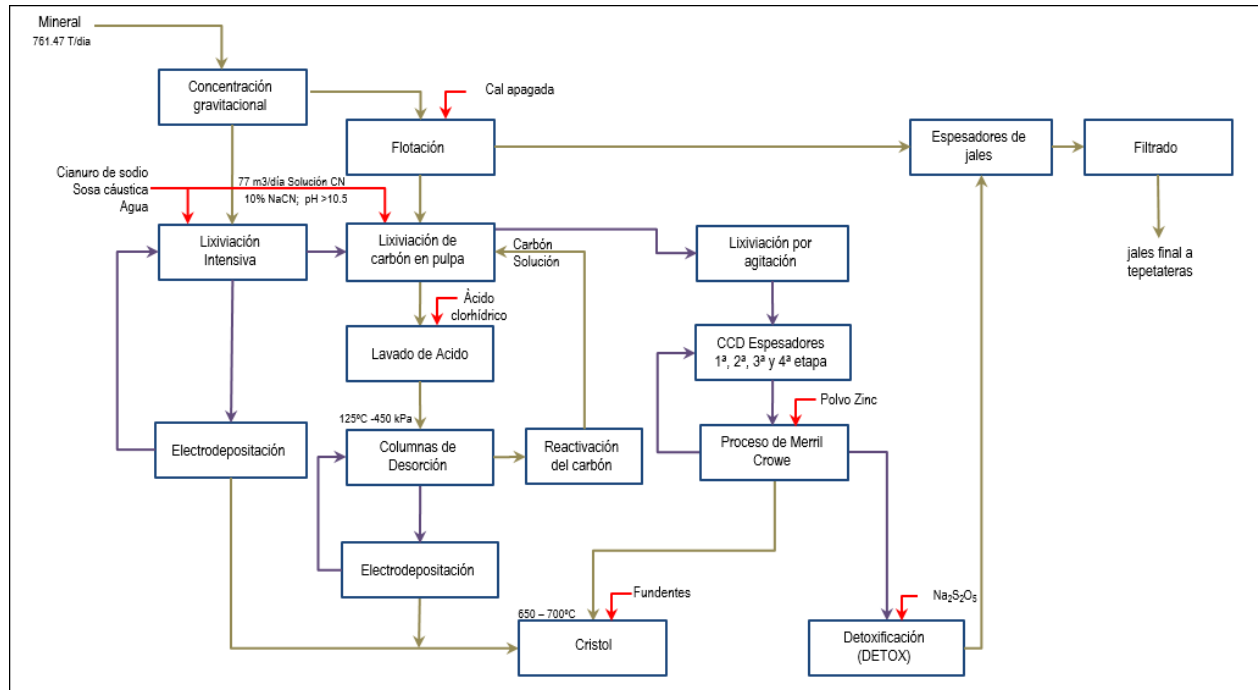


Figura V.1.8.1-2 Diagrama de la solución cianurada y reactivos químicos

### V.1.8.2. Temperaturas y Presiones de Diseño y Operación

Las condiciones operativas del proceso se presentan en la Tabla V.1.8.2-1.

Tabla V.1.8.2-1 Condiciones operativas y estados físicos de las corrientes de proceso

Etapa del proceso	Temperatura de operación	Presión de operación	Estado físico
Trituración y quebrado de mineral	Ambiente	Atmosférica	Sólido
Acumulación de mineral	Ambiente	Atmosférica	Sólido
Molienda	Ambiente	Atmosférica	Sólido en suspensión
Circuito de lixiviación	Ambiente	Atmosférica	Sólido en suspensión
Circuito de flotación	Ambiente	Atmosférica	Sólido en suspensión
Refinación	600-700°C	Atmosférica	Sólido en suspensión
Desintoxicación de cianuro residual	Ambiente	Atmosférica	Sólido en suspensión
Filtrado de colas	Ambiente	Atmosférica	Sólido en suspensión
Reactivos químicos	Ambiente	Atmosférica	Líquido
Combustibles (Diésel)	Ambiente	Atmosférica	Líquido
Servicios. Agua	Ambiente	Atmosférica	Líquido

### V.1.8.3. Características del Régimen Operativo de la Instalación (Continuo o por Lotes)

El régimen operativo de la Planta de Beneficio del Proyecto Minero Ixtaca será continuo.



*V.1.8.4. Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con Base en la Ingeniería de Detalle y con la Simbología Correspondiente*

- DTI No. 550-00-01 Carbón en pulpa (1/2), Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 550-00-02 Carbón en Pulpa (2/2), Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 680-00-01 Detoxificación, Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 600-00-02 Espesamiento Colas, Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No.600-00-03 Filtrado De jales (Dry Stacking), Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 580-00-01 Desorción de Carbono, Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 580-00-02 Desorción y Regeneración de Carbono, Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 800-00-05 Preparación de Cianuro e Hidróxido de Sodio, Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 800-00-06 Manejo de Cal, Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 800-PF-109 Diagrama de Reactivos Hidróxido de Sodio y Cianuro de Sodio.

Los diagramas de tubería e instrumentación se presentan en el **Anexo V.2**.

### **V.1.9. Sistemas de Aislamiento**

Los sistemas de contención secundaria serán localizados en todos aquellos puntos críticos donde la liberación de material peligroso pueda originar un impacto al medio ambiente, como son las siguientes áreas que se mencionan:

- Planta generadora de energía eléctrica.
- Almacén de reactivos químicos.
- Almacén de residuos peligrosos.
- Áreas operativas.

Para diques y fosas de contención que contengan sólo un tanque de almacenamiento, el volumen del dique, sin descontar el volumen ocupado por el tanque, deberá ser al menos un 10.0% superior al volumen total del tanque. En el caso de diques que tengan más de un tanque, el dique deberá tener el volumen del tanque de mayor tamaño más un 10.0%, sin considerar el volumen ocupado por el resto de los tanques hasta nivel de coronación del dique.

Para diques y fosas que contengan sustancias corrosivas o ácidas se deberán proteger con láminas HDPE en taludes de tierra; y con recubrimientos tipo Ucrete WR ó HF de BASF, o similar, en obras de concreto, consultando las especificaciones técnicas del fabricante.

## V.2. Análisis y Evaluación de Riesgos

### V.2.1. Antecedentes de Accidentes e Incidentes

En el presente apartado se revisan los antecedentes de riesgos por el uso y manejo de las sustancias involucradas en el Proyecto Minero Ixtaca. La minería del oro tiene como principal reactivo para el proceso hidrometalúrgico al cianuro de sodio, el cual es altamente efectivo en el proceso de extracción de oro y plata, pero tiene un potencial altamente tóxico que requiere de una rigurosa aplicación de estándares de operación para garantizar un manejo seguro.

El cianuro de sodio en la industria de procesos mineros, en específico la industria minera del oro y otros metálicos, ha sido utilizado en la extracción de metales desde 1887, aunque el cianuro es una sustancia muy tóxica actualmente se le utiliza y maneja en forma segura en la recuperación de oro en todo el mundo. Las operaciones mineras para la extracción de oro utilizan soluciones muy diluidas de cianuro de sodio, típicamente entre 0.01% y 0.05% de cianuro (100 a 500 partes por millón). La clave para su uso seguro es la implementación de sólidas prácticas de manejo. Aunque la preocupación pública por el cianuro es válida y sin duda comprensible, gran parte de la reciente atención de la prensa y la reacción pública respecto del uso del cianuro en operaciones mineras ha surgido debido a la falta de comprensión sobre la naturaleza del cianuro y sus efectos sobre la salud y el ambiente. El hecho de que el cianuro sea tóxico, ha generado que la industria efectúe para el uso del reactivo diversas medidas preventivas, para evitar accidentes, es así que no se registran fallecimientos por envenenamiento accidental de cianuro en la industria minera. Esta situación es indicativa del cuidado que se ha tenido en el uso de esta sustancia.

No obstante, se registran afectaciones derivadas de la ingesta de soluciones especialmente en elementos sensibles de la vida silvestre, como por ejemplo las aves, teniéndose registro de mortandades de las mismas en los Estados Unidos. Existen también casos de descargas incidentales con la consecuente contaminación a cuerpos de agua. Actualmente los riesgos se han ido minimizando ya que la tecnología existente permite un manejo seguro de las soluciones, además del uso de diversos sistemas de monitoreo.

Dentro de los accidentes que han ocurrido en las minas de extracción oro, destacan los señalados a continuación:

Nombre de la mina, ubicación	Fecha del incidente	Impactos
Summitville, Colorado, E.U.	1991-1992	<ul style="list-style-type: none"><li>- Liberación de cianuro y trazas de metales tóxicos en el río Alamosa.</li><li>- La vida acuática se vio afectada, peces murieron a lo largo de 17 millas del río y en el embalse Terrance.</li></ul>

Fuente: <http://www.pollutionissues.com/Co-Ea/Disasters-Environmental-Mining-Accidents.html>

La mina de Summitville en Colorado, E.U. se ha convertido en el estudio de caso de daños al medio ambiente resultado de la minería de oro, el cual fue extraído en la zona de 1870 a 1992. En el año de 1994, la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA) declaró el área como sitio de Superfund. Algunos de los eventos que afectaron el medio ambiente fueron: las características geológicas en la mina que contribuyeron a la generación de un drenaje ácido natural; la altura de la presa que contenía la solución con cianuro para la lixiviación fue diseñada por debajo del nivel requerido para las tormentas de nieve y la escorrentía de primavera; daños

en el revestimiento durante su instalación; la presencia de ruptura en tuberías de transferencia y el drenaje de desagüe subterráneo localizado por debajo de las pilas de lixiviación provocó que las soluciones contaminadas con cianuro se mezclaran con las aguas subterráneas ácidas producto de la reacción de las pilas de tepetate con el agua de lluvia y de la nieve derretida; las soluciones de cianuro fueron filtrándose de las tuberías de transferencia en la cuenca hidrológica de la zona; los volúmenes de aguas contaminadas deforestaron terrenos. En el año 1992, la muerte de peces llama la atención de la Legislatura del estado, y el 16 de diciembre de 1992 la Agencia de Protección del Ambiente (EPA) asume el control de Summitville a petición del estado de Colorado. La remediación del sitio contempló, entre otras actividades, el relleno del terreno con material de desecho de la mina, reduciendo la contaminación del agua que filtraba en el subsuelo, y la reforestación de la zona. La remediación va en curso con el objetivo de restaurar la vida acuática del río Alamosa. Actualmente el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos clasifica este sitio como “sin riesgo aparente para la salud pública”.

Nombre de la mina, ubicación	Fecha del incidente	Impactos
Baia Mare, Rumania	30/01/2000	La muerte de peces fue una clara indicación de las consecuencias inmediatas del accidente. Autoridades húngaras reportan un total de 1 240 toneladas de peces que murieron como resultado del derrame. Las investigaciones de la República de Yugoslavia indican que la población de peces en general no parece haber sido significativamente afectada por el derrame, algunos peces muertos y moribundos fueron sacados del río, de acuerdo con los estudios realizados por la WWF no mostraron alteraciones importantes en cuatro de las distintas especies examinadas, con excepción del Zander. No hay informes de pruebas que aseguren que los peces encontrados en el río Danubio murieron como consecuencia de la intoxicación por cianuro.

<http://www.unep.org/geo/GEO3/spanish/464.htm>

*Report of the International Task Force for Assessing the Baia Mare Accident, december 2000.*

A las 22.00 horas del 30 de enero de 2000, colapsó el muro de la presa de jales de la planta de recuperación de desechos mineros en Baia Mare, en el noroeste de Rumania, y se derramaron 100 000 m<sup>3</sup> de aguas residuales contaminadas con cianuro en el río Tisza, que luego llegaron al Danubio donde avanzó 1 200 km antes de entrar en el Mar Negro, momento para el cual ya se habían diluido considerablemente. En total unos 2 000 km de la zona de captación del Danubio fueron afectados por este derrame.

De acuerdo con la información hidrológica de los ríos involucrados y las mediciones del avance de la pluma de cianuro, se estima que entre 50 y 100 toneladas de cianuro fueron liberadas en el medio fluvial.

El Grupo Operativo de Baia Mare (Task Force), responsable de llevar a cabo las investigaciones, informó de algunas fallas en el diseño de la planta en operación, entre ellas, la construcción inadecuada de las presas. El control del nivel del agua en el depósito de decantación de residuos donde se rompió la presa fue monitoreado solo visualmente, dificultando el mismo cuando la nieve y hielo cubrían los depósitos. Por otra parte, no se habían establecido medidas para enfrentar un caso de emergencia. Adicional a los errores en el diseño y operación de la planta, se tienen serias dudas sobre el adecuado procedimiento de autorización en la planeación y construcción del proyecto, en el mismo no fue suficientemente considerada la variabilidad en el

balance hídrico, sin embargo el Estudio de Impacto Ambiental inicial afirmó “que el peligro de desbordamiento de la presa en caso de fuertes lluvias estaba fuera de cuestión”.

Como consecuencia se tuvo una gran devastación de especies de flora y fauna en los ríos, sin embargo una vez que la pluma de cianuro había pasado, la calidad de las aguas comenzó a volver a la normalidad. En la medida que se tuvo conocimiento, nadie resultó muerto o gravemente enfermo por el accidente.

Nombre de la mina, ubicación	Fecha del incidente	Impactos
Omai, Guyana	Agosto 1995	326 peces fueron encontrados muertos en el río Omai. No se encontraron peces muertos en el río Essequibo, en el que el Omai fluye.

Fuente: *Failure of the Omai Tailings Dam, Steven G. Vick.GEOSPEC.*  
[https://file.ejAtlas.org/docs/omai-gold-mine-tailings-dam-guyana/Failure\\_of\\_the\\_Omai\\_Tailings\\_Dam.pdf](https://file.ejAtlas.org/docs/omai-gold-mine-tailings-dam-guyana/Failure_of_the_Omai_Tailings_Dam.pdf)

Omai GoldMining Ltd. (OGML) comenzó la operación de minería a cielo abierto en 1993, llevando a cabo la extracción de oro con cianuro en un proceso convencional de carbón en pulpa. El 19 de agosto de 1995 un conductor de camión de acarreo de minas alertó sobre una corriente de agua que salía de un extremo de la presa de relaves y el amanecer reveló otra descarga en el extremo opuesto junto con grietas extensas en la cresta de la presa. Durante estas primeras horas, las descargas combinadas convergieron en el río Omai alcanzaron unos 50 m<sup>3</sup>/s. A través de una pronta respuesta de emergencia, OGML pudo dirigir rápidamente una de las corrientes de descarga al pozo de la mina, y durante los próximos días una ataguía fue construida con equipo de mina para desviar la segunda. En definitiva 1.3 millones m<sup>3</sup> de efluente que contenía 25 ppm de cianuro total fue captado en el pozo, pero el resto 2.9 millones de m<sup>3</sup> alcanzaron el río Omai y de allí el Esequibo. La respuesta del gobierno fue declarar que toda la región era un área de desastre ambiental y solicitar asistencia internacional. Evaluaciones más detalladas durante las semanas y meses que siguieron, documentaron que un total de 346 los peces murieron en el río Omai. Estudios exhaustivos no encontraron efectos medibles en el ambiente río abajo o en la salud humana debido a la gran capacidad de dilución del río Esequibo y las características de degradación natural del cianuro, el cual no se bioacumula. Aun así, lo ocurrido ha sido visto ampliamente como una catástrofe para Guyana. La mina representaba la mayor inversión individual en el país, suministrando casi 25% de los ingresos del gobierno y varios por ciento de todo el país.

Nombre de la mina, ubicación	Fecha del incidente	Impactos
No especificada/ Henan, China	6 de noviembre 2001	Once toneladas de cianuro de sodio cayeron en el río Louhe afluente del río Amarillo en la provincia de Honan a unos 800 km al sudoeste de Beijing, después de que el camión que transportaba el cianuro hacia una mina de oro se estrellara. La contaminación se limitó a pocos kilómetros del lugar del accidente, viéndose afectada las plantas y peces; sólo hubo reporte de una persona que manifestó molestias después comer las verduras lavadas en el río.

Fuente: <http://www.icis.com/Articles/2001/11/06/150697/sodium-cyanide-spill-in-central-china-contained-reports.html>

Denton-Rawhide, Mineral Country, Nevada, EU	9 de junio 2002	Derrame de solución cianurada de lixiviación provocada por la falla en las soldadura de la tubería de 16 pulgadas. Aproximadamente 40 000 galones de solución con concentración de 140 ppm de cianuro los cuales fueron
---	-----------------	---

Nombre de la mina, ubicación	Fecha del incidente	Impactos
		vertidos en el medio, lo que resultó en un derrame de aproximadamente 147 libras de cianuro.
Fort Knox Gold Mine/ Fairbanks, Alaska	23 agosto del 2012	Se estima que aproximadamente 45 000 galones de solución con cianuro se derramaron en las pilas de lixiviación de la mina derivado de la ruptura de la tubería de 12 pulgadas que trasportaba la solución y que fue golpeada por una pala excavadora. Los trabajadores formaron con la maquinaria pesada una berma alrededor del derrame para evitar el mismo se extendiera. Contaminación de la grava. Fairbanks Gold Mining llevó a cabo la limpieza del suelo contaminado a través de un plan de muestreos y análisis aprobados por la ADEC. La mina propiedad de la empresa Kinroos se espera continúe en operación hasta el 2021.

*Fuente: Alaska Department of Environmental Conservation. Division of Spill Prevention and Response Prevention and Emergency Response Program. Situation Report.*

En México, se tiene registro que en las últimas cuatro décadas han ocurrido varios eventos fatales en las minas del norte de México. El peor tuvo lugar en 1969 cuando más de 153 trabajadores murieron en una planta de proceso minero ubicada en la población de Barroterán, Coahuila. En el 2001, otros 12 mineros fallecieron en un accidente en una planta de proceso minero cercana a esa población. En febrero del 2006, debido a una explosión provocada por acumulación de gas grisú, en la planta de proceso minero ocho, unidad Pasta de Conchos, propiedad de Industrial Minera México, SA de CV (IMMSA), dejó atrapados a unos 65 mineros a 160 metros de profundidad<sup>1</sup>. El mismo año, en el mes de mayo, se registró un accidente en el Mineral de Luz, municipio de Progreso, en la zona carbonífera de Coahuila. Se trató de un caído o derrumbe de unos 10 metros a unos 200 metros del acceso a la planta de proceso minero, en el cañón 2<sup>2</sup>.

Por otra parte, en la revisión documental se indica que el giro minero ya ha aportado valores a las estadísticas de emergencias a nivel nacional por el uso y manejo de sustancias. Dentro de estos casos, destaca el procedimiento de consulta que desde 1996 por el potencial daño ambiental de planta de proceso minero Cerro San Pedro, ubicado en San Luis Potosí y que involucra el proceso de Merrill-Crowe<sup>3</sup>. Otro evento es la emergencia ambiental ocurrida en Sonora, en un giro minero dedicado a la obtención de Cobre, el 18 de marzo del 2004 en la planta La Mariquita, de la compañía Minera María S.A. de C.V. en el km 99 de la carretera Imuris-Agua Prieta una planta industrial, generando un incendio provocado por la combustión de 800 m<sup>3</sup> de queroseno, con afectaciones materiales y laborales al haber un lesionado y suelo afectado en casi 3 000 m<sup>2</sup>. A la fecha, la empresa ya subsanó las afectaciones generadas y remedió los sitios en apego a la NOM-138-SEMARNAT-2003<sup>4</sup>.

El uso de explosivos es una actividad sumamente reglamentada que sólo se autoriza cuando se ha demostrado que se cuenta con las capacidades técnicas y que se han desplegado los recursos necesarios, para asegurar que el manejo de los explosivos se realizará con todas las medidas de seguridad aplicables.

<sup>1</sup> <http://www.elreloj.com/article.php?id=17326>, <http://www.el-universal.com.mx/estados/60252.html>

<sup>2</sup> <http://www.esmas.com/noticierostelevisa/mexico/537132.html>

<sup>3</sup> <http://ambiental.uaslp.mx/productos/csp>.

<sup>4</sup> Publicación local, periódico el Imparcial, 20 marzo del 2004

En el caso de empresas trasnacionales, las presiones políticas y económicas son aún mayores, lo que les obliga a contar con procedimientos y medidas de seguridad, por encima de la reglamentación. Por estos motivos, es difícil considerar la posibilidad de que en la mina en estudio se presenten las condiciones que harían posible la ocurrencia de un accidente como el que aquí se plantea.

En la investigación de antecedentes se encontró que en el mundo de la minería la ocurrencia de accidentes con explosivos es considerable, y aunque se sabe que en algunos países las medidas de seguridad son relajadas o casi inexistentes, la gran mayoría de los eventos accidentales han ocurrido donde se realizan operaciones clandestinas o artesanales, es de llamar a la atención el que aún en países desarrollados e incluso tecnológicamente sofisticados, ocurren accidentes con explosivos, siendo la inmensa mayoría relacionados con la negligencia en el manejo de los mismos.

Por lo anterior expuesto, en el presente capítulo dedicado a eventos riesgosos, se revisarán todas las sustancias peligrosas involucradas en el proyecto, con el propósito de analizar sus propiedades químicas y cantidades de consumo e identificar los riesgos potenciales asociados en el transporte, trasiego, almacenamiento y proceso de las mismas.

La base de datos FACTS, acrónimo de "Failure and Accidents Technical Information System", ha sido desarrollada, mantenida y comercializada por TNO "Division of Technology for Society"; contiene aproximadamente 25 700 registros enfocados al estudio de accidentes industriales con sustancias peligrosas. A continuación se presenta el registro de los accidentes relacionados con las sustancias manejadas en las instalaciones del proyecto Minero Ixtaca:

No. reporte	Causas/ consecuencias	Año	País	Lugar del evento	Sustancia de riesgo involucrada	Acciones emprendidas	Daños
<b>Cianuro de sodio</b>							
23672	Error operativo/ colisión, contaminación; interrupción del tráfico.	2007	Sudáfrica	Transporte terrestre	Cianuro de sodio	Combate a incendios, respuesta a emergencias; limpieza, remoción, evacuación	Muertes
18964	Desconocidas/ colapso-destrucción, fuego, contaminación	2003	EU	Industria de Proceso	Cianuro, ácido nítrico, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico, líquidos inflamables tóxicos	Combate a incendios, respuesta a emergencias; limpieza, remoción, evacuación	NR
17655	Error humano/ reacción química, dispersión tóxica, contaminación	2001	EU	Industria (uso/aplicación)	Ácido clorhídrico, ácido cianhídrico, cianuro de sodio	No reportadas	NR
17389	Falla técnica/corrosión, dispersión, contaminación	1999	Gran Bretaña	Granja de tanques	Soluciones de cianuro, cianuro de sodio	NR	NR
16930	Desconocidas/ruptura contenedor, dispersión, contaminación	1999	Australia	Transporte vía férrea	Bentonita, cemento, herbicida, cianuro de sodio, urea, nitrato de amonio	Combate a incendios, respuesta a emergencias; limpieza, remoción, evacuación	NR
15331	Error humano/falla mecánica; sobreflujo, derrame	1999	Australia	Industria Química	Soluciones de cianuro	Reparación de la falla, limpieza e implementación de medidas de seguridad	NR
14267	Falla técnica/ derrame, dispersión y contaminación	1998	Australia	Almacenamiento (descarga)	Cianuro de sodio	Paro de emergencia, implementación de medidas de seguridad durante la descarga.	NR
<b>Ácido clorhídrico</b>							
23752	Causas naturales/ ruptura, derrame y dispersión	2008	EU	Industria Química (almacenamiento)	Ácido clorhídrico	Combate de incendio/ respuesta de emergencia/ limpieza; limpieza	NR
23684	Falla técnica/derrame	2008	EU	Industria Química (aplicación)	Dióxido de carbono, ácido clorhídrico	Combate de incendio/ respuesta de emergencia/ limpieza	NR
23679	Error humano/reacción química, emisión de gases tóxicos	2008	Australia	Industria Química (tránsito interno)	Clorato de aluminio, cloro, ácido clorhídrico, hipoclorito de sodio	Combate de incendio/ respuesta de emergencia/ limpieza	NR

No. reporte	Causas/ consecuencias	Año	País	Lugar del evento	Sustancia de riesgo involucrada	Acciones emprendidas	Daños
23094	Desconocidas/ reacción química, explosión e incendio, emisión de gases tóxicos	2007	EU	Laboratorio (investigación)	Ácido clorhídrico, oxícloruro de fósforo, sodio	Combate de incendio / respuesta de emergencia/ ventilación	NR
22690	Desconocidas/ derrame y dispersión de gases tóxicos	2007	Japón	Laboratorio (almacenamiento)	Ácido clorhídrico	Implementación de medidas de seguridad	NR
23349	Error humano/ insuficiente comunicación; error en el manejo/ reacción química, dispersión, contaminación	2007	Alemania	Almacenamiento (descarga)	Cloro, ácido clorhídrico, hipoclorito de sodio	Combate de incendio / respuesta de emergencia; limpieza, ventilación, interrupción del tráfico; implementación de medidas de seguridad	Muertes
22414	Error humano/derrame, dispersión, contaminación	2007	EU	Transporte vía terrestre	Ácido clorhídrico	Limpieza, interrupción del tráfico	NR
<b>Ácido nítrico</b>							
19583	Desconocidas/fuga, dispersión, interrupción tráfico	2004	EU	Almacenamiento en Industria Química	Ácido nítrico	NR	NR
25297	Falla operativa/fuga, dispersión, interrupción del tráfico	2010	EU	Proceso en Industria Química	Ácido nítrico/ dióxido de nitrógeno	Combate de incendio / respuesta de emergencia/ limpieza	NR
22334	Falla técnica/ fuga, dispersión, interrupción del tráfico	2007	Países Bajos	Proceso en Industria Química	Ácido nítrico/ mezcla de óxidos nítricos	Combate de incendio / respuesta de emergencia/ limpieza	NR
24285	Desconocidas/ explosión, incendio, contaminación/ interrupción del tráfico	2006	Serbia y Montenegro	Proceso en Industria Química	Ácido nítrico, explosivos, TNT	Combate de incendio / respuesta de emergencia/ limpieza	NR

Fuente: FACTS (Failure and Accident Technical Information System). Hazardous Materials Accidents Knowledge Base.

## V.2.2. Metodologías de Identificación y Jerarquización

### V.2.2.1. Selección y Descripción de Metodologías

La realización de esta Evaluación de Riesgo Ambiental (ERA) se basó en las especificaciones e ingeniería desarrollada para la evaluación y autorización del impacto y riesgo ambiental del Proyecto de Explotación y Beneficio de Minerales Ixtaca, en el estado de Puebla.

Se recomienda revisar este ERA previo a que el proyecto entre en operación, para confirmar que las especificaciones aquí empleadas sigan siendo válidas, o en su defecto actualizarlas con un nuevo esfuerzo de evaluación y previsión de riesgos que considere la variación entre las especificaciones de la ingeniería preliminar y el proyecto ejecutivo.

La “Guía Para la Presentación del Estudio de Riesgo Ambiental Modalidad Análisis de Riesgo” publicada por la SEMARNAT<sup>5</sup> (“Guía” en lo sucesivo) establece que esta deberá usarse para “proyectos nuevos que involucren el manejo de sustancias o el desarrollo de actividades consideradas como altamente riesgosas que se encuentren en alguno de los siguientes casos: a) obras y/o actividades previstas en el Artículo 5, Inciso C) del REIA<sup>6</sup> y/o b) proyectos en que se manejen sustancias consideradas como peligrosas en virtud de sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables”.

La “Guía” indica a continuación que en el ERA se presentarán “las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento” determinadas “a través de la aplicación de modelos matemáticos de simulación de los eventos máximos catastróficos y/o probables de riesgo, identificados por las metodologías de identificación y jerarquización, considerando las características de la(s) sustancia(s) o material(es) altamente riesgoso(s) que se maneje(n)”. Asimismo, dicho documento

<sup>5</sup> Sin fecha, la última guía no refiere fecha de publicación ni fecha de acuerdo de publicación para el efecto.

<sup>6</sup> Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental.



establece que el “*objetivo fundamental del ERA, es definir y proponer la adopción de medidas que permitan prevenir o evitar un incidente que potencialmente pueda afectar a la sociedad y/o al ambiente*”.

**La realización del presente análisis de riesgo se basó en los lineamientos referidos en los anteriores cuatro párrafos.**

Para establecer la obligatoriedad de realizar el ERA se confrontaron las especificaciones del proyecto frente a los 2 criterios establecidos en la “Guía” según se describe a continuación:

1. ¿El tipo de proyecto es uno de los tipos de obras y/o actividades previstas en el Artículo 5, Inciso L) del REIA? (Si)
2. ¿La realización del proyecto implica el manejo de sustancias consideradas como peligrosas? (¿Alguno de los materiales que se pretende manejar rebasa las cantidades de reporte establecidas en los LAAR<sup>7</sup>?) (Si)

La respuesta a la pregunta anterior se basa en la revisión de los listados (LAAR) emitidos en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992, para determinar si el proyecto pretende manejar sustancias referidas en estos listados. Se encontró que la sustancia peligrosa que se usará el proyecto y que rebasa la cantidad reportada en el Primer LAAR, es:

- Cianuro de sodio (162 000 kg, 1er LAAR: 1 kg, sólido) en almacenamiento máximo.

A partir de este análisis se concluye que el Proyecto Minero Ixtaca clasifica como *Actividad Altamente Riesgosa*.

El proyecto contempla adicionalmente el manejo de ácido clorhídrico al 30%, si bien como tal el reactivo químico no está reportado en los listados, sí se encuentra el cloruro de hidrógeno (1 Kg, 1er LAAR: 1 kg, gas), el ácido clorhídrico es una dilución del cloruro de hidrógeno, por lo que los vapores que se emanan son cloruro de hidrógeno. Por esta razón el ácido clorhídrico es evaluado como parte de las sustancias altamente riesgosas, con una cantidad máxima de almacenamiento de 2 770 kg al 30% (831 kg de HCl).

Otra de las sustancias que se manejarán en el Proyecto es el ácido nítrico, al igual que el caso anterior, el reactivo se encuentra en estado líquido diluido al 65%, por lo cual si bien no se encuentra en fase gaseosa como lo reporta el listado, cualquier derrame y evaporación del mismo podría formar una nube con una masa que rebasa la cantidad máxima de reporte (1 kg, 1er LAAR). El ácido nítrico se recibe en disolución con una cantidad máxima de almacenamiento de 66 960 kg (43 524 kg de HNO<sub>3</sub>); el reactivo se diluirá posteriormente al 1% para su manejo en el área de proceso.

---

<sup>7</sup> Listados de Actividades Altamente Riesgosas.

### V.2.2.2. Metodología Empleada para la Evaluación de los Riesgos Ambientales

La Evaluación del Riesgo Ambiental es un instrumento de carácter preventivo mediante la aplicación sistemática de procedimientos y prácticas de manejo a las tareas de análisis, evaluación y control de riesgos con el fin de proteger a los trabajadores, las instalaciones, la sociedad y al medio ambiente, anticipando la posibilidad de liberaciones accidentales de sustancias consideradas como peligrosas por sus características CRETIB en las instalaciones y evaluando su impacto potencial, de manera tal que éste pueda prevenirse o mitigarse requiriendo como mínimo:

- Reconocimiento de posibles riesgos.
- Evaluación de posibles eventos peligrosos y la mitigación de sus consecuencias.
- Determinación de medidas apropiadas para la reducción de estos riesgos.

En esta sección se llevará a cabo la identificación de riesgos para el proceso a desarrollar en el Proyecto Minero Ixtaca.

La identificación de riesgos se realizará mediante la utilización de las siguientes metodologías:

- Descriptiva de la participación de las sustancias manejadas.
- ¿Qué pasa si...?
- HAZOP - Análisis Funcional de Operatividad (Hazard and Operability)

En el proyecto se manejarán reactivos químicos y así como un combustible, para los cuales se presentaron sus propiedades fisicoquímicas en base a las hojas de seguridad para cada una de ellas (**Anexo V.1**); se incluyeron además los consumos totales, condiciones de recibo de las sustancia, almacenamiento, participación en el proceso y/o en servicios auxiliares, basado en la revisión las condiciones de operación.

La lista de sustancias se muestra a continuación:

- Cianuro de sodio
- Ácido clorhídrico al 30% (cloruro de hidrógeno).
- Ácido nítrico al 65%

Para la identificación de riesgos se utilizan dos variables: la primera consiste en la descripción de la participación de la sustancia en el proyecto y es, junto con las propiedades de la sustancia, el primer paso para identificar el riesgo potencial de la misma. Posteriormente, como segundo paso se desarrolla la metodología Qué pasa si... ("What if...?"), basada en la revisión del uso y manejo de las sustancias. Esta técnica consiste en una lista de preguntas acerca del diseño y operación del proceso o del equipo. La técnica no requiere métodos especiales cuantitativos ni una planeación extensiva. En este método se utiliza información específica para generar una serie de preguntas preparadas por el equipo de trabajo acerca de ¿Qué pasa si....? las cuales son contestadas o consensadas por el grupo y resumidas en forma tabular. Con esta metodología se identificaron los riesgos de las sustancias involucradas, mismas que fueron valoradas en la matriz de jerarquización.

En la jerarquización de los riesgos ambientales se emplea la técnica de matriz de jerarquización de tipo matricial debido a que permite concentrar en una tabla la incidencia de riesgo generado por el empleo de las diferentes sustancias mediante el uso de un sistema matricial con escala de

valores cualitativos en función de la posibilidad de que ocurra el riesgo a partir de las condiciones bajo las cuales se emplean las sustancias. Lo anterior debido que el proyecto carece de estadísticas en eventos, al no encontrarse en operación toda vez que la planta se proyecta construir. Los siguientes conceptos se utilizan para definir la magnitud del riesgo:

Probabilidad de que ocurra el riesgo	<u>Poco probable</u> : Una sola vez en la vida útil del proyecto <u>Probable</u> : Más de una vez <u>Altamente probable</u> : Frecuentemente
Exposición (Contacto con agentes externos)	<u>Mínima</u> : Una sola vez en la vida útil del proyecto <u>Ocasional</u> : Más de una vez <u>Continua</u> : Frecuentemente
Consecuencias (Afectaciones en función de la gravedad de las mismas)	<u>Leves</u> : Daños personales: leves (menos de 15 días en sanar), Daños materiales: menores a un salario mínimo anual. <u>Serias</u> : Daños personales: Temporales (más de 15 días en sanar), Daños materiales: Equivalentes a un salario mínimo anual <u>Graves</u> : Daños personales: No más de 5 defunciones Daños materiales: Hasta 30 veces el salario mínimo anual <u>Catastróficas</u> : Daños personales: Más de 5 defunciones Daños materiales: Más de 30 veces el salario mínimo anual
Magnitud del riesgo: (En función de probabilidad, exposición, y consecuencias)	<u>Aceptable</u> : Poco probable, periodicidad mínima y consecuencias leves <u>Sustancial</u> : Probable, ocasional y de consecuencias serias. <u>Muy alto</u> : Altamente probable, frecuente y de consecuencias graves o catastróficas.

Finalmente, para evaluar los riesgos identificados y jerarquizados anteriormente, se emplea el software ALOHA® Ver. 5.4.7 september 2016 (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) el cual fue desarrollado por la EPA (Environmental Protection Agency) y la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). La modelación de riesgos para el proyecto se realiza sobre aquellos eventos que previamente descritos, identificados y jerarquizados que resultaron con eventos de riesgosos de potencial ocurrencia. Cuando se aborda la evaluación de cada evento potencialmente riesgoso, se señalan las condiciones de modelación, o en su caso, los supuestos empleados en el análisis del modelo.

La Tabla V.2.2.2-1 corresponde a las metodologías empleadas en la descripción de las sustancias y la identificación de riesgos potenciales de acuerdo a la naturaleza de la sustancia, los consumos ocupados y su relación con el proceso.

*Tabla V.2.2.2-1. Relación de metodologías para el análisis de riesgos ambientales de las sustancias consideradas en el proyecto*

No.	Sustancia	Identificación y jerarquización de riesgos			Evaluación de riesgos		
		Descriptivo	What if..?	Matriz de jerarquización riesgos	HAZOP	Aloha Ver. 5.4.7	Otros
1	Cianuro de sodio	X	X	X	X	X	--
2	Ácido clorhídrico al 30% (cloruro de hidrógeno)	X	X	X		X	--
3	Ácido nítrico al 65%	X	X	X		X	

### V.2.2.3 Identificación y Jerarquización de Riesgos Ambientales

En el presente apartado, se lleva a cabo la descripción de la participación de las sustancias en el proyecto; posteriormente a través de la metodología Qué pasa si..? se plantea una serie de preguntas acerca del diseño y operación del proceso o del equipo, a fin de identificar los riesgos ambientales de las sustancias involucradas, mismas que son valoradas en la matriz de jerarquización.

#### **Cianuro de Sodio**

El cianuro de sodio es una de las sustancias por la cual el proyecto es catalogado como una actividad altamente riesgosa. La sustancia se encuentra en el primer listado de actividades altamente riesgosas por el uso y manejo de 1kg. Se trata de una sustancia tóxica donde los valores de toxicidad por exposición son de 50 mg/m<sup>3</sup> IDLH y posee un TLV de 4.5mg/m<sup>3</sup>.

La solución de cianuro de sodio se añadirá al mineral en el circuito para lixiviar oro y plata. El cianuro de sodio será recibido en flo-bins de 1 360 kg. Durante la preparación de la solución cianurada, el saco de cianuro se izará a la parte superior del tanque de disolución de cianuro a través de un polipasto y se colocará dentro del rompedor de bolsas. El rompedor de bolsas cortará la bolsa del cianuro de sodio, descargando su contenido dentro del tanque de disolución de cianuro (800-TK-060A) con agitación mecánica donde se diluirá a una concentración del 20% w/w con agua fresca y solución de hidróxido de sodio. La solución de cianuro será enviada al tanque de distribución de cianuro (800-TK-060B) de donde será bombeada al proceso de lixiviación.

Es importante señalar que en todo momento durante las operaciones se mantendrán las soluciones en un circuito cerrado, sin descargas al entorno natural. Sin embargo, se describen las medidas adecuadas de respuesta a emergencias en caso de derrames o infiltraciones accidentales que pudieran presentarse con el manejo de la sustancia.

Uno de los riesgos en el proceso sería la potencial formación de ácido cianhídrico si la solución cianurada no se mantiene a un pH adecuado (>10.5 unidades), por lo que se tendrá un estricto control del mismo en las soluciones de proceso. Las condiciones revisadas de esta sustancia son:

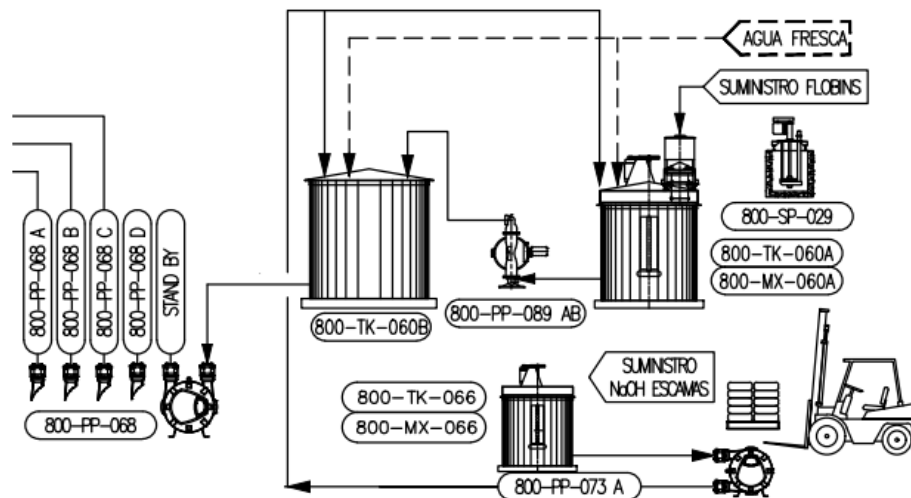


Figura V.2.2.3-1 Diagrama de flujo asociado a la preparación de la solución de cianuro de sodio

*¿Qué pasa si...*

*No existiesen señalizaciones en el andén de descarga?*

En el caso fortuito de ausencia de señalizaciones en el andén de descarga, existe el riesgo de que no se realicen las operaciones en la secuencia de seguridad requerida, o bien de que se ejecute en el sitio una o varias operaciones que pongan en riesgo la seguridad del sistema de trasiego del cianuro de sodio, o del propio vehículo al llegar a descargar el cianuro.

Siempre se estará sujeto a la experiencia y habilidad de los operadores, hasta que se coloquen las señalizaciones, con la consiguiente posibilidad de golpear y dañar en un momento dado dañar los contenedores de almacenamiento.

No se descarta la posibilidad de que esto ocurriese provocando ruptura del contenedor, ocasionando el derrame del material. En caso de coincidir con presencia de humedad, se puede generar de una nube tóxica puntual que puede causar daños a la salud física del personal operativo.

*¿Qué pasa si...*

*Durante un derrame generado en el almacenamiento de la solución de cianuro de sodio ocurriera un desborde de la sustancia, debido a fallas o errores en la construcción o compactación del muro de contención, en la planta de proceso?*

Si la falla fuera pequeña de tal forma que provocara únicamente infiltraciones laterales, el líquido se canalizará solamente a través de las rejillas recolectoras sobre piso encementado en planta de proceso, descartándose cualquier riesgo de contaminación de cuerpos de agua o daño a especies.

De suceder un daño remoto que derrame solución y el muro de contención no tenga resistencia o eficiencia para captar el volumen derramado, el evento sería derrame. Esta situación puede ocurrir tanto en tanque de preparación como de almacenamiento, pudiendo tener mayor alcance éste último por tener un volumen mayor.

*¿Qué pasa si...*

*Existe una liberación del cianuro de sodio del trasiego, almacenamiento o en proceso?*

La liberación de cianuro de sodio en cualquiera de las condiciones sea por fuga que desencadena en derrame, no presentaría mayores repercusiones si el derrame se mantiene con un pH mayor de 10; en caso contrario y en función de la concentración y pH alcanzado, el cianuro contenido en la solución se degradaría generando vapores tóxicos por la formación de ácido cianhídrico en el ambiente. Dado que las condiciones para que se presente la baja del pH no resultan viables, se descarta de la evaluación.

*¿Qué pasa si...*

*Durante la preparación de la solución de cianuro de sodio, o en los puntos de dosificación, por errores operativos se baja el valor del pH?*

El circuito de preparación y puntos de consumo de solución de cianuro de sodio en el proceso deben mantener un valor de pH mayor a 10 a fin de evitar la formación de ácido cianhídrico, por lo que los errores operativos podrían ser la principal causa para que se presente una desviación. En la etapa de preparación de la solución cianurada y durante la adición de la misma a los distintos puntos del proceso, serían los posibles eventos a evaluar.

Con el propósito de identificar las principales causas operativas que lleven a la presencia de esta contingencia, en apartado adelante se mostraran los resultados del desarrollo de la metodología HAZOP, así como los eventos de riesgo identificados.

Derivado de lo anterior, la matriz de jerarquización de riesgos para el uso y manejo de cianuro bajo las condiciones sobre las cuales se proyectan las instalaciones, los eventos que tienen mayor probabilidad de ocurrencia serían fugas y derrames; sin embargo, en los distintos puntos del proceso la ocasional pérdida de control de pH podría dar como consecuencia la formación de nubes tóxicas de ácido cianhídrico. La magnitud del riesgo es aceptable y controlada para el caso de fugas y derrames, y catastrófica (aunque poco probable) en caso de la formación de ácido cianhídrico, de acuerdo a la siguiente tabla matricial:

*Tabla V.2.2.3-1 Matriz de jerarquización de riesgos del cianuro de sodio*

Sustancia	Evento	Probabilidad de ocurrencia			Exposición			Consecuencias				Magnitud del riesgo			Resultado: Evento riesgoso a evaluar
		Poco probable	Probable	Altamente probable	Mínima	Ocasional	Continua	Leve	Seria	Grave	Catastrófica	Aceptable	Sustancial	Muy alto	
Cianuro de sodio	Derrame		*		*			*				*			✓
	Formación HCN	*			*				*			*			
	Incendio														
	Explosión														

### Ácido clorhídrico al 30% (cloruro de hidrógeno)

El cloruro de hidrógeno (gas) en su forma hidratada ácido clorhídrico, se encuentra reportado en el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas, la cantidad de almacenamiento máxima del ácido clorhídrico es de 2 770.29 kg (831.087 kg de cloruro de hidrógeno) mayor a la cantidad reportada de 1 Kg. Se trata de un gas tóxico donde los valores por exposición son de 50 ppm (IDLH) y un TLV de 5 ppm.

El ácido clorhídrico al 30% se recibirá en cubicontenedores de 1.196 toneladas, y se colocarán en el área de lavado ácido. Una vez requerido el ácido, el contenedor es vaciado en el tanque de disolución para la preparación de la solución de lavado ácido.

El mayor riesgo del ácido clorhídrico se deriva del derrame y formación de vapores tóxicos de cloruro de hidrógeno.

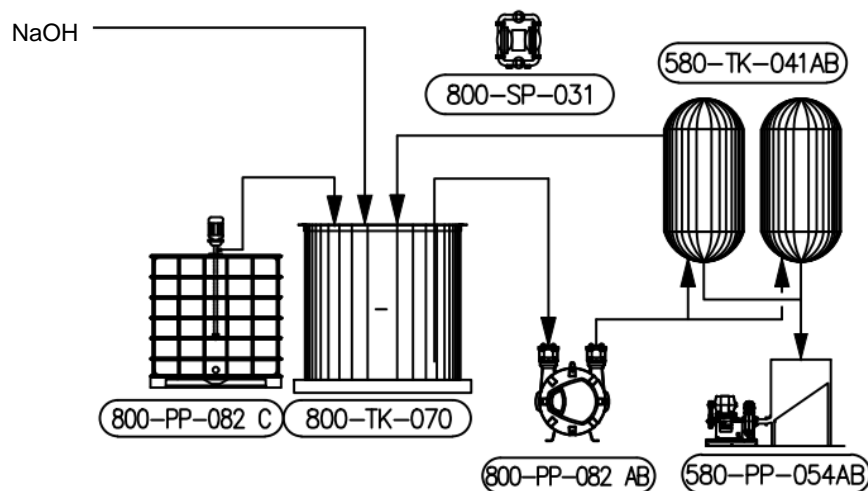


Figura V.2.2.3-2 Diagrama de flujo asociado a la preparación y distribución de la solución ácida (ácido clorhídrico)

Las condiciones revisadas de esta sustancia son:

*¿Qué pasa si...*

*No se realicen las actividades de descarga del material en condiciones de seguridad por descuido del personal responsable?*

Siempre se estará sujeto a la experiencia y habilidad de los operadores, con la consiguiente posibilidad de golpear y romper en un momento dado los recipientes (cubicontenedores).

No se descarta la posibilidad de que esto ocurriese provocando el derrame y esparcimiento de la sustancia líquida. La afectación se localizará en superficie cementada sin mayores riesgos de infiltración en el suelo; sin embargo, los vapores tóxicos (humeantes) que se generen podrán provocar daños al personal localizado en el área.

*¿Qué pasa si...*

*Existe un derrame del ácido clorhídrico durante el almacenamiento o en proceso?*

Como se mencionó en el apartado anterior, el derrame del ácido clorhídrico en el área presenta riesgos de formación de nube tóxica. Todas las áreas de almacenamiento y proceso se encontrarán cementadas y con contención secundaria, por lo que la afectación será directamente al personal localizado en el sitio de derrame.

*¿Qué pasa si...*

*Durante la dosificación de ácido a los tanques de lavado ácido, no se sigue la secuencia operativa?*

Llevar a cabo acciones fuera de procedimiento que provoquen la caída/fractura del cubo contenedor o en su caso rebasar el nivel de dosificación del ácido podría originar un derrame del mismo en el área con riesgos de formación de nube tóxica. No obstante lo anterior, es conveniente indicar que todas las áreas de almacenamiento y proceso se encontrarán cementadas y con contención secundaria, por lo que la afectación será directamente al personal localizado en el sitio de derrame.

Derivado de lo anterior, la matriz de jerarquización de riesgos para el uso y manejo de ácido clorhídrico bajo las condiciones sobre las cuales se proyectan las instalaciones, se muestra en la tabla siguiente. El evento que tiene mayor probabilidad de ocurrencia sería el derrame y formación de nube tóxica. La magnitud del riesgo es aceptable y controlada, considerando que la instalación contará con pisos cementados, sistemas de contención secundaria y material absorbente inerte, además de procedimientos de emergencia para la atención inmediata del mismo.

*Tabla V.2.2.3-2 Matriz de jerarquización de riesgos del ácido clorhídrico al 30% w/w*

Sustancia	Evento	Probabilidad de ocurrencia				Exposición			Consecuencias				Magnitud del riesgo			Resultado: Evento riesgoso a evaluar
		Remota	Poco probable	Probable	Altamente probable	Mínima	Ocasional	Continua	Leve	Seria	Grave	Catastrófica	Aceptable	Sustancial	Muy alto	
Ácido clorhídrico 30%	Derrame		*			*			*				*			✓
	Formación nube tóxica		*			*				*				*		
	Incendio															
	Explosión															

**Ácido nítrico al 65%.**

El ácido nítrico en estado gaseoso, se encuentra reportado en el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas, la cantidad máxima de almacenamiento de ácido nítrico en disolución al 65% en el Proyecto es de 66 960 kg (43 524 kg de ácido nítrico) mayor a la cantidad reportada de 1 Kg en el 1er LAAR. Se trata de un gas tóxico donde los valores por exposición son de 25 ppm (IDLH) y un TLV de 2 ppm.

El ácido nítrico al 65% se recibirá a través de pipa y se almacenará en un tanque con capacidad operativa de 66.53 m<sup>3</sup>. Una vez requerido el ácido será diluido al 1% para ser utilizado en el área de lavado ácido.



El mayor riesgo del ácido nítrico se deriva del derrame y formación de vapores tóxicos.

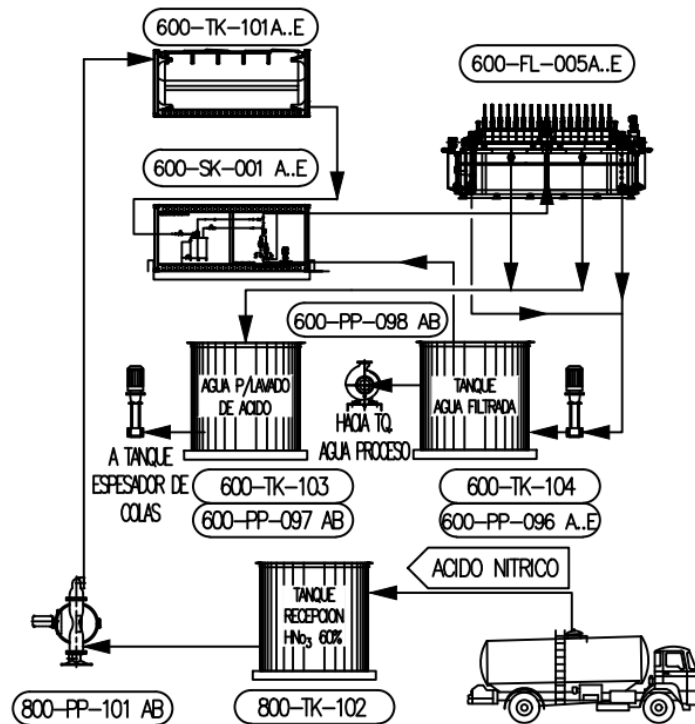


Figura V.2.2.3-3 Diagrama de flujo asociado a la preparación y distribución de la solución ácida (ácido nítrico)

Las condiciones revisadas de esta sustancia son:

*¿Qué pasa si...*

*No se realicen las actividades de descarga del material en condiciones de seguridad por descuido del personal responsable?*

Siempre se estará sujeto a la experiencia y habilidad de los operadores, con la consiguiente posibilidad de golpear y romper en un momento alguna válvula, conexión de tubería/manguera de descarga.

No se descarta la posibilidad de que esto ocurriese provocando el derrame y esparcimiento de la sustancia líquida. La afectación se localizará en superficie cementada sin mayores riesgos de infiltración en el suelo; sin embargo, los vapores tóxicos (humeantes) que se generen podrán provocar daños al personal localizado en el área.

*¿Qué pasa si...*

*Existe un derrame del ácido nítrico durante el almacenamiento o en proceso?*

Como se mencionó en el apartado anterior, el derrame del ácido nítrico en el área presenta riesgos de formación de nube tóxica. Todas las áreas de almacenamiento y proceso se encontrarán cementadas y con contención secundaria, por lo que la afectación será directamente al personal localizado en el sitio de derrame.

*¿Qué pasa si...*

*Durante la dosificación de ácido a los tanques de lavado ácido, no se sigue la secuencia operativa?*

Llevar a cabo acciones fuera de procedimiento que provoquen que se rebase el nivel de dosificación del ácido podría originar un derrame del mismo en el área con riesgos de formación de nube tóxica. No obstante lo anterior, es conveniente indicar que todas las áreas de almacenamiento y proceso se encontrarán cementadas y con contención secundaria, por lo que la afectación será directamente al personal localizado en el sitio de derrame.

Derivado de lo anterior, la matriz de jerarquización de riesgos para el uso y manejo de ácido nítrico bajo las condiciones sobre las cuales se proyectan las instalaciones, se muestra en la tabla siguiente. El evento que tiene mayor probabilidad de ocurrencia sería el derrame y formación de nube tóxica. La magnitud del riesgo es aceptable y controlada, considerando que la instalación contará con pisos cementados, sistemas de contención secundaria y material absorbente inerte, además de procedimientos de emergencia para la atención inmediata del mismo.

**Tabla V.2.2.3-3 Matriz de jerarquización de riesgos del ácido nítrico al 65% w/w**

Sustancia	Evento	Probabilidad de ocurrencia				Exposición			Consecuencias				Magnitud del riesgo			Resultado: Evento riesgoso a evaluar	
		Remota	Poco probable	Probable	Altamente probable	Mínima	Ocasional	Continua	Leve	Seria	Grave	Catastrófica	Aceptable	Sustancial	Muy alto		
Ácido nítrico al 65%	Derrame		*			*			*					*			✓
	Formación nube tóxica		*			*				*					*		
	Incendio																
	Explosión																

Finalmente, resultan tres eventos a evaluar, denominándose así por ser los casos susceptibles de desencadenar un riesgo ambiental, de acuerdo a la etapa de identificación de riesgos a través de la metodología *¿Qué pasa si...?* (What if...?), mismos que más adelante serán evaluados.

**Tabla V. 2.2.3-4 Casos donde intervienen las sustancias en el proyecto y eventos potencialmente riesgosos a ser evaluados.**

Sustancia	Etapa	Descripción	Identificación de riesgos			Eventos de Riesgo
			Descriptivo	What if...?	Matriz de riesgos	
Cianuro de sodio	Proceso	Preparación de solución cianurada	✓	✓	✓	EV-HCN-01
		Dosificación al mineral en la etapa de lixiviación				EV-HCN-02
Ácido clorhídrico 30%	Almacena- miento	Contenedor de 1 tonelada	✓	✓	✓	EV-HCL-01
	Proceso	Dosificación a tanques de lavado ácido	✓	✓	✓	

Sustancia	Etapa	Descripción	Identificación de riesgos			Eventos de Riesgo
			Descriptivo	What if...?	Matriz de riesgos	
Ácido nítrico al 65%	Almacenamiento	Recepción y almacenamiento en tanque	√	√	√	EV-HNO3-01
	Proceso	Dosificación a tanques de lavado ácido	√	√	√	

#### V.2.2.4. Análisis de Riesgo y Operabilidad HAZOP

La metodología HAZOP (Hazard and Operability) es un procedimiento que permite reconocer riesgos difícilmente reconocibles por simple observación o revisiones de seguridad de tipo general. En la aplicación de la metodología se cuestiona a cada una de las partes críticas del proceso para descubrir que desviaciones del propósito original pueden ocurrir y determinar cuáles de esas desviaciones pueden dar lugar a riesgos al personal, instalaciones y/o medio ambiente.

El carácter sistemático del análisis, se realiza con un examen basado en la aplicación sucesiva de una serie de palabras “guía”, que tienen por objeto proporcionar una estructura de razonamiento capaz de facilitar la identificación de desviaciones ocasionadas por múltiples causas, para determinar la flexibilidad de las respuestas a afectaciones por errores humanos, fallas de materiales, causas externas, etc. De la misma forma se efectúa el análisis para la parte operativa del proceso comprendiendo el control, el mantenimiento, la supervisión. Cada vez que una desviación razonable es identificada, se analizan sus causas, consecuencias y posibles acciones correctivas, plasmándose en un registro ordenado los datos y resultados.

La metodología aplicada se resume a continuación:

- a) División del sistema.
- b) Descripción de la intención de diseño (operación normal, límites y condiciones de seguridad según diseño) de las diferentes secciones definidas.
- c) Parámetros de proceso. Entre los más comúnmente encontrados se pueden mencionar: presión, nivel, temperatura, flujo, velocidad, mezclado, etc.
- d) Palabras guía, de desviaciones de la intención de diseño. En lo esencial, estas se utilizan para que las preguntas que se formulan sirvan para analizar cada forma concebible en que el diseño podría desviarse de su intención, con el fin de poner a prueba la integridad de cada parte del diseño. Las palabras guía más usuales son: más, menos, no, inverso, en vez de.
- e) Determinación de las causas y consecuencias posibles de las desviaciones.
- f) Determinación de las desviaciones significativas (aquellas cuyas consecuencias implican riesgos importantes y cuyas causas son creíbles, haciéndolas posibles).
- g) Medidas de seguridad existentes o salvaguardas (prevención de las causas de las desviaciones, mitigación de sus consecuencias).

- h) Propuestas de mejoras de diseño, procedimientos, programas y capacitación del personal, para la prevención de las desviaciones y la mitigación de sus consecuencias.

En la Figura V.2.2.4-1 se resume la secuencia para el desarrollo del Análisis HAZOP.

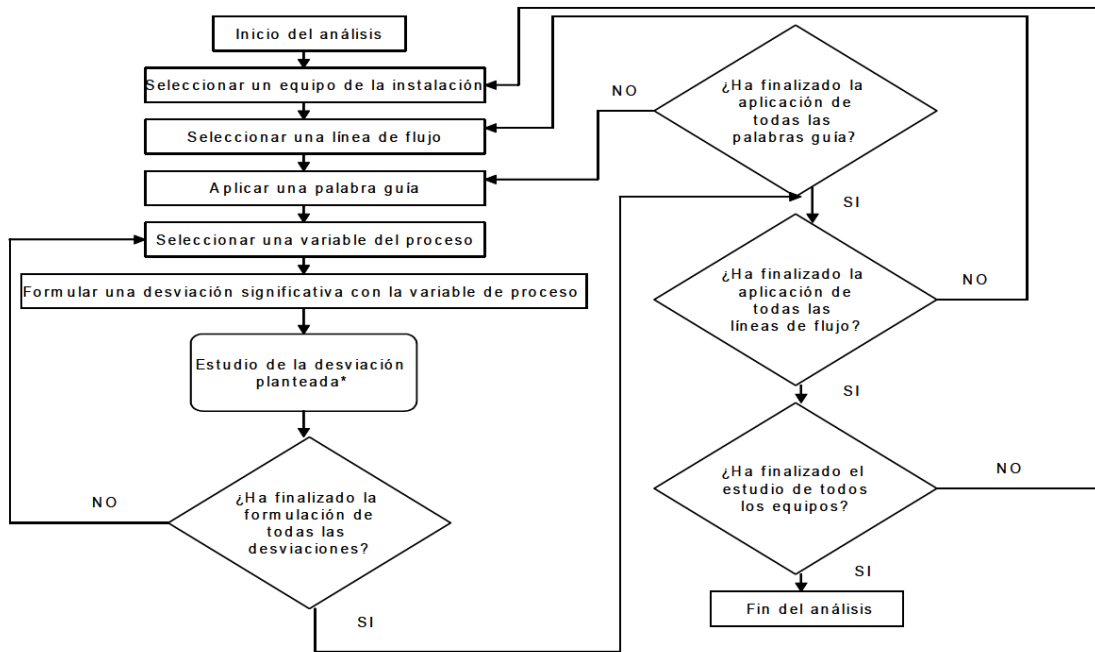


Figura V.2.2.4-1 Diagrama lógico de ejecución del análisis HAZOP

La metodología HAZOP proporciona una visión general del Proyecto y nos da una idea de los puntos que pueden desencadenar situaciones de riesgo. Para este estudio se emplearán las palabras “guía” más adecuadas, que al combinarse con los parámetros seleccionados muestren posible presencia de un riesgo ambiental (v.g. formación de ácido cianhídrico, derrame de solución con cianuro, etc).

Como agentes externos se engloban todos aquellos factores que pueden ocasionar un accidente en las instalaciones, y que no se puede intervenir para prevenirlos o evitarlos, como: fenómenos naturales (terremotos, granizadas, tormentas eléctricas, golpes con maquinaria y/o equipo pesado, corrimiento de tierra, así como eventos de sabotaje).

Los nodos determinados para la realización del análisis son:

- Nodo 1. Circuito de preparación y dosificación de solución de cianuro de sodio, contempla: tanque de mezcla de cianuro 800-TK-060A/B; agitador de tanque de preparación de solución de cianuro 800-AG-060A/B; bombas de transferencia de solución de cianuro 800-PP-068 A/B/C/D/F/G/H/I/J.
- Nodo 2. Circuito de preparación y almacenamiento de solución de hidróxido de sodio, contempla: tanque de preparación/dosificación de solución de hidróxido de sodio (800-TK-066), agitador para preparación de hidróxido de sodio (800-MX-066), bombas dosificadoras de hidróxido de sodio (800-PP-073A/B/C/D).

- Nodo 3. Circuito de lixiviación de concentrados, contempla: tanques CIP No. 1 a 6 (550-TK-035/036/037/038/039/040), agitadores de los tanques CIP (550-MX-035/036/037/038/039/040); bombas sumergible para tanques CIP (550-PP-047/048/049/050); cedazos entre tanques (550-SC-011 A 14).
- Nodo 4. Circuito de lavado ácido, contempla: criba de carbón cargado (550-SC-010), tanques de lavado ácido (580-TK-041A/041B), cajón de bombeo (580-PB-093), bombas centrífugas horizontales (580-PP-093A/093B), bomba dosificadora de ácido clorhídrico (800-PP-082A/B).
- Nodo 5. Circuito de despojo de carbón, contempla: tanque reactor desorción (580-VS-004A/B); tanque de solución de despojo (700-TK-013); celda intercambiador de calor (580-HX-003/004), calentador (580-HE-001).
- Nodo 6. El circuito de destrucción de cianuro contempla el proceso INCO en el cual se utilizará metabisulfito de sodio preparado al 20% de concentración para el cual se proponen dos tanques de 4.26 m de diámetro por 4.26 m de altura; se adicionará cal en lechada para control del pH y para ello se tendrá una tolva de almacenamiento de 100 toneladas de capacidad y dos tanques para preparación de esta lechada de 4.75 m de diám. por 4.75 de altura. El agente oxidante será oxígeno gaseoso obtenido de la atmósfera mismo que se concentrará al 95% mediante la utilización de un generador de oxígeno. Estos reactivos se adicionarán a dos tanques reactores que tendrán un tiempo de residencia de 3 horas. tiempo requerido para llevar a cabo la destrucción de cianuro WAD y cianuro libre

A continuación, se presentan las tablas con el desarrollo del HAZOP así como los diagramas que esquematizan cada uno de los nodos analizados:

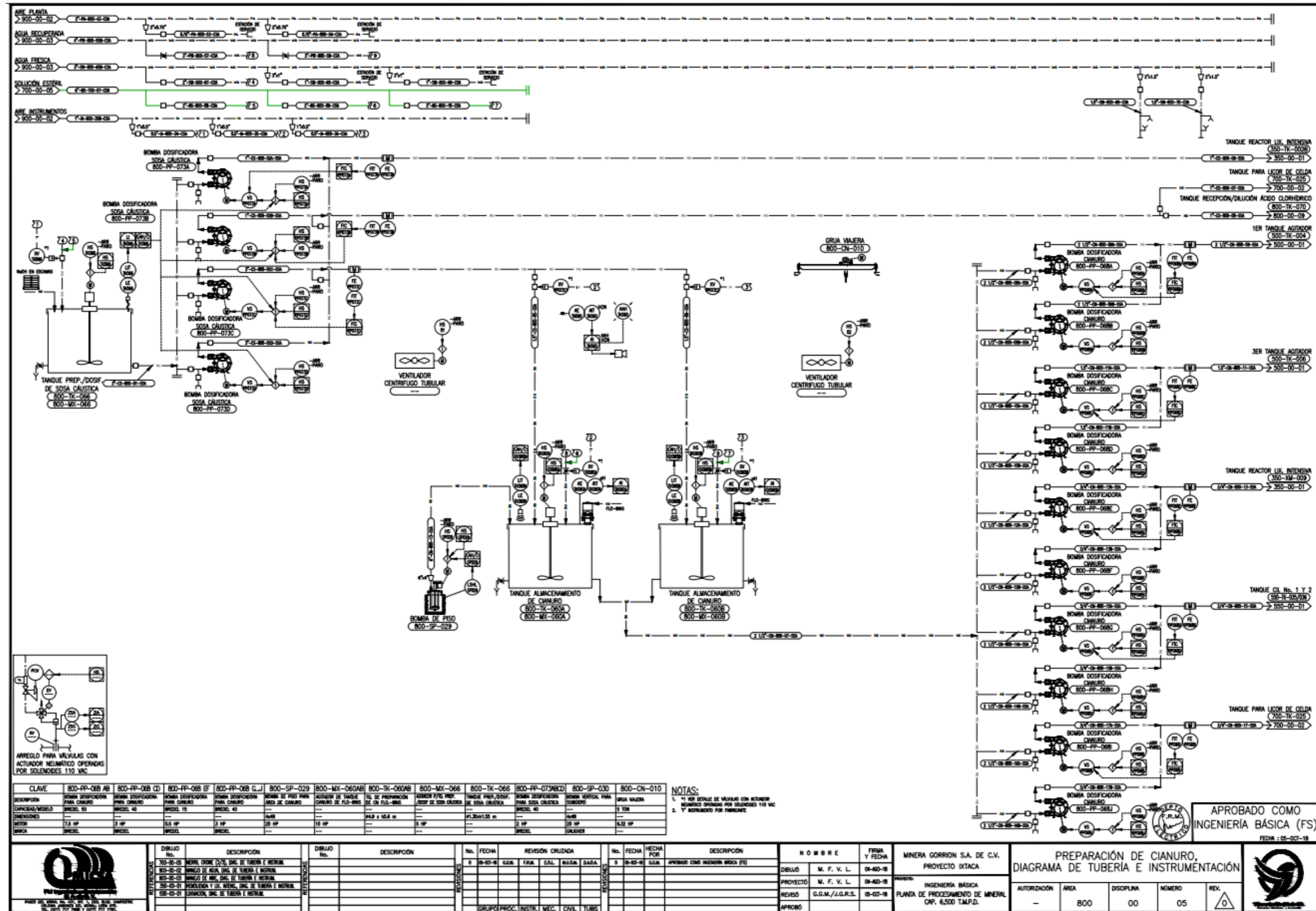


Figura V.2.2.4-2 Nodos 1 y 2. Preparación y almacenamiento de soluciones de cianuro de sodio e hidróxido de sodio

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 1	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO		<i>Tabla V.2.2.4-1. Nodo 1. Circuito de preparación y dosificación de solución de cianuro de sodio</i>				
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO 800-TK-060A/B; AGITADORES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO 800-MX-060A/B; BOMBAS DE TRANSFERENCIA DE SOLUCIÓN DE CIANURO 800-PP-068 A/B/C/D/F/G/H/I/J.		<b>Intención de diseño:</b> PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE CIANURO A LAS SIGUIENTES CONDICIONES OPERATIVAS: Pop= ATM, Top= AMB.		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 800-00-05 REV.A. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PREPARACIÓN DE CIANURO.				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
1.1	NO O MENOR FLUJO DE AGUA RECUPERADA/ SOLUCIÓN ESTÉRIL	CIERRE INADVERTIDO DE CUALESQUIERA DE LAS VALVULAS UBICADAS EN EL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN FALLA DE EQUIPO DE BOMBEO. FALLO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. VER PUNTO 1. 9.	NO SE LLEVARÁ A CABO LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO. DIFERIMIENTO DE LAS OPERACIONES.	SISTEMA DE CONTROL (PLC).	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA INSTRUMENTACIÓN.  ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	0	1
1.2	NO O MENOR FLUJO DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO	CIERRE INADVERTIDO DE CUALESQUIERA DE LAS VALVULAS UBICADAS EN EL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE SOSA CÁUSTICA. FALLA DE CUALQUIERA DE BOMBA DE DISTRIBUCIÓN 800-PP-073 A/B/C/D.	RIESGO DE GENERACIÓN DE ATMOSFERA TÓXICA DE ACIDO CIANHIDRICO EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO DE SODIO. DAÑO AL PERSONAL.	ALARMA VISIBLE/SONORA POR ALTA CONCENTRACIÓN DE HCN EN EL ÁREA (AAH HCN-TK060. INDICACIÓN Y ALARMA pH (AI-TK060A). BOMBA DE DISTRIBUCIÓN DE RESPALDO.	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA INSTRUMENTACIÓN.  ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  CONTEMPLAR ESTE ESCENARIO EN EL PLAN DE RESPUESTA DE EMERGENCIA DE LA PLANTA.	3	3	9

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 1	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO		<i>Tabla V.2.2.4-1. Nodo 1. Circuito de preparación y dosificación de solución de cianuro de sodio</i>				
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO 800-TK-060A/B; AGITADORES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO 800-MX-060A/B; BOMBAS DE TRANSFERENCIA DE SOLUCIÓN DE CIANURO 800-PP-068 A/B/C/D/F/G/H/I/J.		<b>Intención de diseño:</b> PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE CIANURO A LAS SIGUIENTES CONDICIONES OPERATIVAS: Pop= ATM, Top= AMB.		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 800-00-05 REV.A. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PREPARACIÓN DE CIANURO.				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
1.3	ALTO NIVEL EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO (800-TK-060A/060B)	VÁLVULA INADVERTIDAMENTE ABIERTA EN EL CIRCUITO DE AGUA RECUPERADA, SOLUCIÓN ESTÉRIL Y/O SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO.	DERRAME DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO EN EL ÁREA. DAÑO AL PERSONAL.	ALARMA POR ALTO/BAJO NIVEL LAH/L-TK060A/B. CONTENCIÓN SECUNDARIA EN EL ÁREA CON BOMBA DE PISO (800-SP-029)	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LINEAS Y ACCESORIOS.  ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	3	6
1.4	BAJO NIVEL EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO (800-TK-060A/060B)	DESCUIDO DEL OPERADOR. CIERRE INADVERTIDO DE VÁLVULA EN CUALQUIERA DE LOS CIRCUITOS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA RECUPERADA, SOLUCIÓN ESTÉRIL O SOLUCIÓN DE SOSA CÁUSTICA .  FUGA O RUPTURA EN TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA RECUPERADA, SOLUCIÓN ESTÉRIL O SOLUCIÓN DE SOSA CÁUSTICA.	PRODUCCIÓN DIFERIDA. DAÑO A BOMBAS DE DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO (800-PP-068A/B/C/D/F/G/H/I/J).	ALARMA POR ALTO/BAJO NIVEL LAH/L-TK060A/B. CONTENCIÓN SECUNDARIA EN EL ÁREA CON BOMBA DE PISO (800-SP-029)	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LINEAS Y ACCESORIOS.  ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	3	3



<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 1	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO		<i>Tabla V.2.2.4-1. Nodo 1. Circuito de preparación y dosificación de solución de cianuro de sodio</i>				
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO 800-TK-060A/B; AGITADORES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO 800-MX-060A/B; BOMBAS DE TRANSFERENCIA DE SOLUCIÓN DE CIANURO 800-PP-068 A/B/C/D/F/G/H/I/J.		<b>Intención de diseño:</b> PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE CIANURO A LAS SIGUIENTES CONDICIONES OPERATIVAS: Pop= ATM, Top= AMB.		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 800-00-05 REV.A. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PREPARACIÓN DE CIANURO.				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
1.5	FUGA/ RUPTURA EN EL CIRCUITO DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO.	IMPACTO EXTERNO. DESGASTE PREMATURA POR FALLA DE MATERIALES. FALLA EN CONEXIONES.	PRODUCCION DIFERIDA. DERRAME DE SOLUCIÓN CIANURADA. DAÑO AL PERSONAL.	ALARMA POR ALTO/BAJO NIVEL LAH/L-TK060A/B. CONTENCIÓN SECUNDARIA EN EL ÁREA CON BOMBA DE PISO (800-SP-029)	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  ELABORAR PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS PELIGROSOS.	3	2	6
1.6	MAYOR CONCENTRACIÓN DE CIANURO	ERROR OPERATIVO DURANTE LA PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN (MAYOR ADICIÓN DEL CIANURO DE SODIO).  MENOR ALIMENTACIÓN DE AGUA RECUPERACIÓN/ SOLUCIÓN ESTÉRIL).	DIFERIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN	SISTEMA DE CONTROL (PLC)	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	3	3
1.7	MENOR CONCENTRACIÓN	ERROR OPERATIVO DURANTE LA ADICIÓN DEL CIANURO DE SODIO.  MAYOR ALIMENTACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE AGUA RECUPERACIÓN/ SOLUCIÓN ESTÉRIL.  FALLA MECÁNICA EN LOS AGITADORES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO (800-TK-060A/B)	PROBLEMAS OPERATIVOS QUE DERIVEN EN INSUFICIENTE RECUPERACIÓN DE VALORES EN LA ETAPA DE LIXIVIACIÓN	SISTEMA DE CONTROL (PLC)	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPO Y LINEAS DE PROCESO.	1	3	3

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 1	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO		<i>Tabla V.2.2.4-1. Nodo 1. Circuito de preparación y dosificación de solución de cianuro de sodio</i>				
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO 800-TK-060A/B; AGITADORES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO 800-MX-060A/B; BOMBAS DE TRANSFERENCIA DE SOLUCIÓN DE CIANURO 800-PP-068 A/B/C/D/F/G/H/I/J.		<b>Intención de diseño:</b> PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE CIANURO A LAS SIGUIENTES CONDICIONES OPERATIVAS: Pop= ATM, Top= AMB.		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 800-00-05 REV.A. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PREPARACIÓN DE CIANURO.				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
1.8	BAJA DE pH	ADICIÓN INSUFICIENTE O NULA DE HIDRÓXIDO DE SODIO EN LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CIANURO.  MENOR CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO. VER PUNTO 2.7.	BAJA DEL pH EN LA SOLUCIÓN CON RIESGOS DE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA (ÁCIDO CIANHÍDRICO) AFECTANDO AL PERSONAL DE PLANTA Y MEDIO AMBIENTE.	INDICACIÓN pH (AI-TK060A). ALARMA VISIBLE/SONORA POR ALTA CONCENTRACIÓN DE HCN EN EL ÁREA (AAH HCN-TK060.	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPO Y LINEAS DE PROCESO.	3	3	9
1.9	FALLA DE SUMINISTRO ELECTRICO.	FALTA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO.	DIFERIMIENTO OPERATIVO.	PLANTA DE GENERACION ELECTRICA.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	4	4

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP		<b>No. de Nodo:</b> 2		<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE SOLUCIÓN DE HIDROXIDO DE SODIO		<i>Tabla V.2.2.4-2. Nodo 2. Circuito de preparación y dosificación de solución de hidróxido de sodio</i>		
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA TANQUE DE PREPARACIÓN/DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-TK-066, AGITADOR PARA PREPARACIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-MX-066, BOMBAS DOSIFICADORAS DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-PP-073A/B/C/D.				<b>Intención de diseño:</b> PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO A UNA CONCENTRACIÓN DEL 20% Y LAS SIGUIENTES CONDICIONES OPERATIVAS: Pop= ATM, Top= AMB.		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 800-00-05 REV.A. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PREPARACIÓN DE CIANURO.		
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
2.1	NO O MENOR FLUJO DE ALIMENTACIÓN AGUA FRESCA/ SOLUCIÓN ESTÉRIL.	CIERRE INADVERTIDO DE CUALESQUIERA DE LAS VALVULAS UBICADAS EN EL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE AGUA FRESCA/ SOLUCIÓN ESTÉRIL.  FALLA DE EQUIPO DE BOMBEO.  FALLO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. VER PUNTO 2.8.	NO SE LLEVARÁ A CABO LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO. DIFERIMIENTO DE LAS OPERACIONES.	NO REQUERIDAS.	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA INSTRUMENTACIÓN.  ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	0	1
	NO HAY ALIMENTACIÓN DE SOSA CÁUSTICA (ESCAMAS)	ERROR OPERATIVO.						
2.2	ALTO NIVEL EN EL TANQUE PREPARACIÓN/ DOSIFICACION DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO (800-TK-066)	VÁLVULA INADVERTIDAMENTE ABIERTA EN EL CIRCUITO DE AGUA DE FRESCA/ SOLUCIÓN ESTÉRIL.	DERRAME DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO EN EL ÁREA.  DAÑO AL PERSONAL POR CONTACTO.	INDICACIÓN EN TABLERO DE NIVEL (LI-TK066) Y ALARMA POR ALTO/BAJO NIVEL (LAH/L-TK066).  CONTENCIÓN SECUNDARIA EN EL ÁREA (SUMIDERO) CON BOMBA DE PISO PARA RECUPERACIÓN DEL DERRAME (800-SP-029).	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LINEAS Y ACCESORIOS.  ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	3	3

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP		<b>No. de Nodo:</b> 2		<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE SOLUCIÓN DE HIDROXIDO DE SODIO		<i>Tabla V.2.2.4-2. Nodo 2. Circuito de preparación y dosificación de solución de hidróxido de sodio</i>		
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA TANQUE DE PREPARACIÓN/DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-TK-066, AGITADOR PARA PREPARACIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-MX-066, BOMBAS DOSIFICADORAS DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-PP-073A/B/C/D.			<b>Intención de diseño:</b> PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO A UNA CONCENTRACIÓN DEL 20% Y LAS SIGUIENTES CONDICIONES OPERATIVAS: Pop= ATM, Top= AMB.			<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 800-00-05 REV.A. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PREPARACIÓN DE CIANURO.		
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
2.3	BAJO NIVEL EN EL TANQUE PREPARACIÓN/ DOSIFICACION DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO (800-TK-066)	DESCUIDO DEL OPERADOR. CIERRE INADVERTIDO DE VÁLVULA EN EL CIRCUITO DE ALIMENTACION DE AGUA FRESCA/ SOLUCIÓN ESTÉRIL. FUGA O RUPTURA EN TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA FRESCA/ SOLUCIÓN ESTÉRIL.	DIFERIMIENTO DE PRODUCCIÓN. DAÑO A LAS BOMBAS DOSIFICADORAS DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-PP-073A/B/C/D	INDICACIÓN EN TABLERO DE NIVEL (LI-TK066) Y ALARMA POR ALTO/BAJO NIVEL (LAH/L-TK066).	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LINEAS Y ACCESORIOS.  ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	3	3
2.4	NO FLUJO DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO A LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO (800-TK-060A/B).	VÁLVULA INADVERTIDAMENTE CERRADA EN LA LÍNEA DE TRANSFERENCIA DE HIDRÓXIDO DE SODIO. FALLA DE BOMBAS DOSIFICADORAS DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-PP-073A/B/C/D. FALLA DE SUMINISTRO ELECTRICO (VER PUNTO 2.8). BAJO NIVEL EN TANQUE PREPARACIÓN/ DOSIFICACION DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO (800-TK-066) (VER DE 2.3).	DIFERIMIENTO OPERATIVO.	RESPALDO DE EQUIPO DE BOMBEO. LAZO DE CONTROL PARA EL PARO DEL EQUIPO DE BOMBEO POR BAJO NIVEL EN TANQUE.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  ELABORAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO A EQUIPO DE PROCESO.	1	3	3

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 2	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE SOLUCIÓN DE HIDROXIDO DE SODIO		<i>Tabla V.2.2.4-2. Nodo 2. Circuito de preparación y dosificación de solución de hidróxido de sodio</i>				
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA TANQUE DE PREPARACIÓN/DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-TK-066, AGITADOR PARA PREPARACIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-MX-066, BOMBAS DOSIFICADORAS DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-PP-073A/B/C/D.		<b>Intención de diseño:</b> PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO A UNA CONCENTRACIÓN DEL 20% Y LAS SIGUIENTES CONDICIONES OPERATIVAS: Pop= ATM, Top= AMB.		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 800-00-05 REV.A. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PREPARACIÓN DE CIANURO.				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
2.5	FUGA EN EL CIRCUITO DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO	FALLA DE EMPAQUETADURAS DE BRIDAS O UNIONES. CORROSIÓN. APLICACIÓN INADECUADA DE ALGUNO DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL ARRANQUE, PARO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO.	DERRAME DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO EN EL ÁREA. DAÑO AL PERSONAL POR CONTACTO. NO HABRÁ SUMINISTRO DE HIDRÓXIDO DE SODIO A TANQUE DE PREPARACIÓN/DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-TK-066. VER PUNTO 1.12.	CONTENCIÓN SECUNDARIA EN EL ÁREA (SUMIDERO) CON BOMBA DE PISO PARA RECUPERACIÓN DEL DERRAME (800-SP-029).	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO. ELABORAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO Y DE INTEGRIDAD MECANICA.	1	3	3
2.6	RUPTURA EN EL CIRCUITO DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO.	IMPACTO EXTERNO	DERRAME DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO EN EL ÁREA. DAÑO AL PERSONAL POR CONTACTO. NO HABRÁ SUMINISTRO DE HIDRÓXIDO DE SODIO A TANQUE DE PREPARACIÓN/DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-TK-066.	CONTENCIÓN SECUNDARIA EN EL ÁREA (SUMIDERO) CON BOMBA DE PISO PARA RECUPERACIÓN DEL DERRAME (800-SP-029).	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO. ELABORAR PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS PELIGROSOS.	2	2	4
2.7	MENOR CONCENTRACIÓN	ERROR OPERATIVO- MENOR ADICION DE HIDRÓXIDO DE SODIO (SÓLIDO) O MAYOR ADICIÓN DE AGUA FRESCA/ SOLUCIÓN ESTERIL.	PROBLEMAS OPERATIVOS QUE DERIVEN EN UNA INSUFICIENTE ALCALINIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO.	INDICACIÓN Y ALARMA pH (AI-TK060A/B) EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	3	3	9

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 2	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE SOLUCIÓN DE HIDROXIDO DE SODIO		<i>Tabla V.2.2.4-2. Nodo 2. Circuito de preparación y dosificación de solución de hidróxido de sodio</i>				
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA TANQUE DE PREPARACIÓN/DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-TK-066, AGITADOR PARA PREPARACIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-MX-066, BOMBAS DOSIFICADORAS DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-PP-073A/B/C/D.		<b>Intención de diseño:</b> PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO A UNA CONCENTRACIÓN DEL 20% Y LAS SIGUIENTES CONDICIONES OPERATIVAS: Pop= ATM, Top= AMB.		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 800-00-05 REV.A. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PREPARACIÓN DE CIANURO.				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
		FALLA MECÁNICA EN EL AGITADOR PARA PREPARACIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 800-MX-066.						
2.8	FALLA DE SUMINISTRO ELECTRICICO.	FALTA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO.	PRODUCCION DIFERIDA.	PLANTA DE GENERACION ELECTRICA.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	4	4

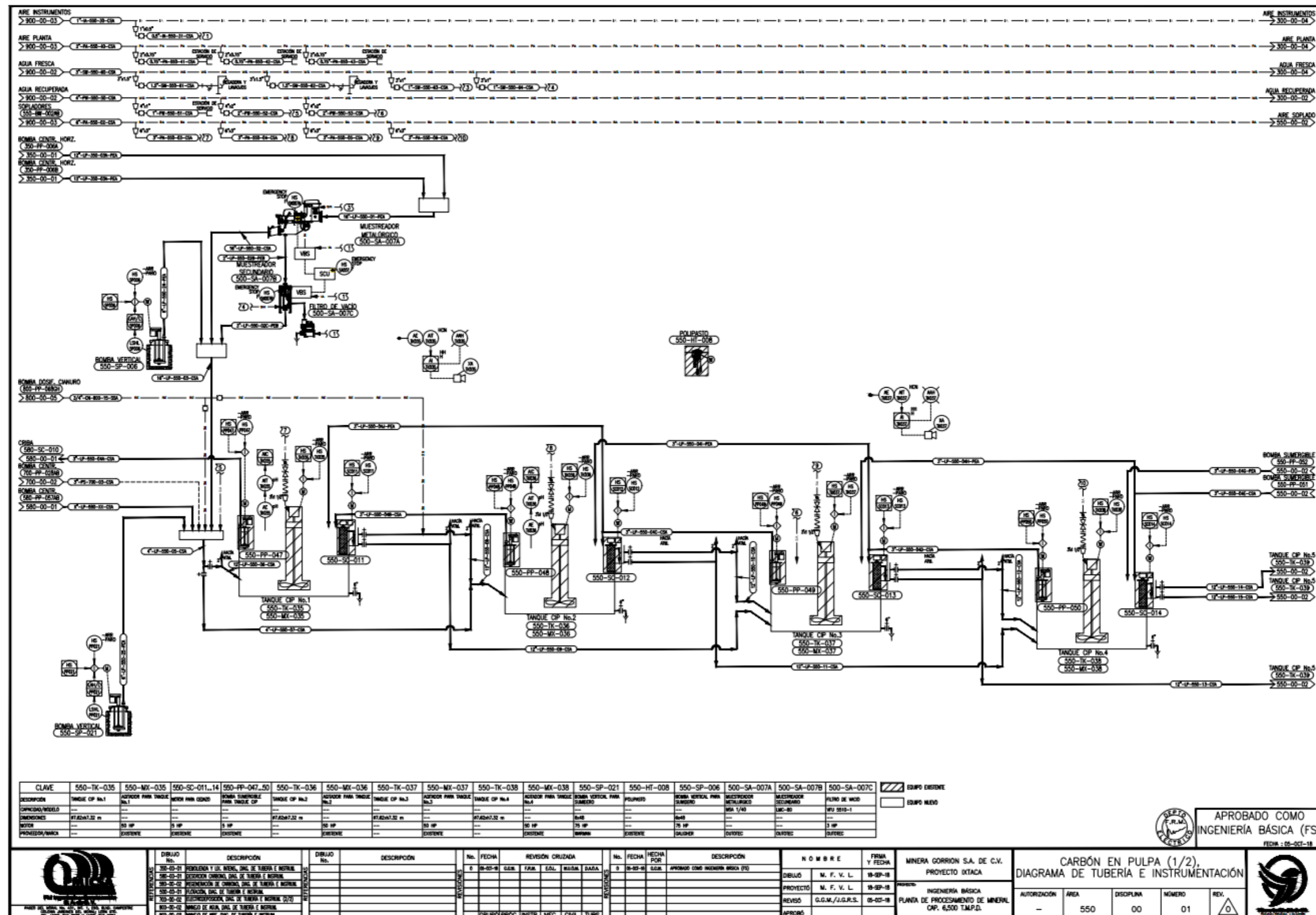


Figura V.2.2.4-3 Circuito de lixiviación

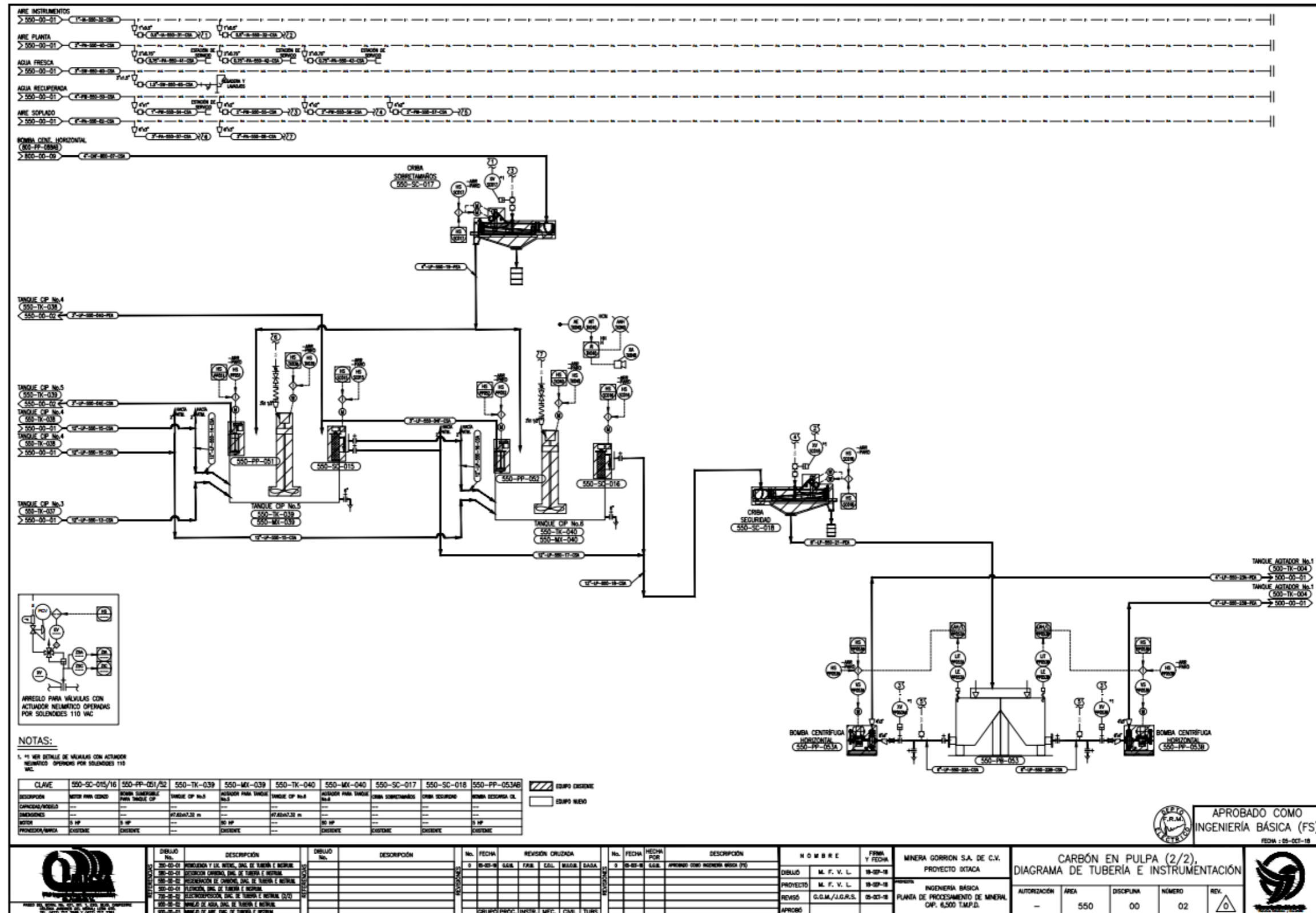


Figura V.2.2.4-4 Circuito de lixiviación (continuación)



<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 3	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE LIXIVIACIÓN		<b>Tabla V.2.2.4-3. Nodo 3. Circuito de lixiviación</b>				
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA LOS TANQUES CIP No. 1 A 6 (550-TK-035/036/037/038/039/040), AGITADORES DE LOS TANQUES CIP (550-MX-035/036/037/038/039/040); BOMBAS SUMERGIBLE PARA TANQUES CIP (550-PP-047/048/049/050); CEDAZOS ENTRE TANQUES (550-SC-011 A 14).		<b>Intención de diseño:</b> LIXIVIACIÓN CON SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO Y ADSORCIÓN CON CARBÓN; CONDICIONES DE PRESIÓN ATMOSFERICA Y TEMPERATURA AMBIENTE		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 550-00-01 REV. 0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN CARBÓN EN PULPA (1/2). DWG No. 550-00-02 REV. 0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN CARBÓN EN PULPA (2/2)				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
3.1	NO FLUJO DE SOLUCIÓN CIANURADA	FALLA DE BOMBA 800-PP-068G) (ÁREA DE PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN CIANURADA). DESCUIDO OPERATIVO. CIERRE INADVERTIDO DE CUALQUIERA DE LAS VÁLVULAS CORRIENTE ARRIBA. FUGA EN LA LÍNEA (3/4-CN-800-15-SSA) DE ALIMENTACIÓN DE CIANURO A CIRCUITO DE LIXIVIACIÓN (TANQUES CIL 1 Y 2). VER 3.7. FUGA EN LA LÍNEA (3/4-CN-800-15-SSA) DE ALIMENTACIÓN DE CIANURO A CIRCUITO DE LIXIVIACIÓN (TANQUES CIL 1 Y 2). VER 3.8. FALLA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. VER 3.9.	PRODUCCIÓN DIFERIDA	NO HAY SALVAGUARDAS	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  ELABORAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO E INSPECCIÓN.	1	3	3

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 3	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE LIXIVIACIÓN		<b>Tabla V.2.2.4-3. Nodo 3. Circuito de lixiviación</b>				
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA LOS TANQUES CIP No. 1 A 6 (550-TK-035/036/037/038/039/040), AGITADORES DE LOS TANQUES CIP (550-MX-035/036/037/038/039/040); BOMBAS SUMERGIBLE PARA TANQUES CIP (550-PP-047/048/049/050); CEDAZOS ENTRE TANQUES (550-SC-011 A 14).		<b>Intención de diseño:</b> LIXIVIACIÓN CON SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO Y ADSORCIÓN CON CARBÓN; CONDICIONES DE PRESIÓN ATMOSFERICA Y TEMPERATURA AMBIENTE		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 550-00-01 REV. 0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN CARBÓN EN PULPA (1/2). DWG No. 550-00-02 REV. 0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN CARBÓN EN PULPA (2/2)				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
3.2	PRESENCIA DE HCN	BAJA pH EN SOLUCIÓN DE CIANURO PROVENIENTE DEL ÁREA DE PREPARACIÓN DE CIANURO. VER PUNTO 1.8.  NO HAY /O INSUFICIENTE ADICIÓN DE SOSA CÁUSTICA POR CIERRE INADVERTIDO EN VÁLVULA O CAUSAS MARCADAS EN EL NODO 1.	RIESGO DE PRESENCIA DE ATMOSFERA TÓXICA DE ACIDO CIANHIDRICO.  DAÑO AL PERSONAL Y MEDIO AMBIENTE.	INDICACIÓN REMOTA DE pH (AIC-TK035/036).  ALARMA SONORA Y LUMINOSA POR PRESENCIA DE ÁCIDO CIANHÍDRICO (AAH-TK035/037 EN EL ÁREA DE LIXIVIACIÓN.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  CONTEMPLAR ESTE ESCENARIO EN EL PLAN DE RESPUESTA DE EMERGENCIA DE LA PLANTA.	2	3	6
3.3	BAJO NIVEL TANQUES DE LIXIVIACIÓN	FUGA EN CONEXIONES O CUERPO DEL (LOS) RECIPIENTE (S)	DERRAME DE SOLUCIÓN CON CIANURO EN EL AREA.  DAÑOS AL PERSONAL.	SUMIDERO EN EL ÁREA PARA CAPTACIÓN DE DERRAMES Y BOMBA (550-SP-021) PARA RECIRCULACIÓN DEL DERRAME AL TANQUE DE LIXIVIACIÓN	RIGUROSO SEGUIMIENTO AL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPO, LÍNEAS Y ACCESORIOS.	2	2	4
3.4	AUMENTO DE NIVEL EN LOS TANQUES DE LIXIVIACIÓN	ERROR OPERATIVO	DERRAME DE SOLUCIÓN CON CIANURO EN EL ÁREA DAÑO AL PERSONAL	SUMIDERO EN EL ÁREA PARA CAPTACIÓN DE DERRAMES Y BOMBA (550-SP-021) PARA RECIRCULACIÓN DEL DERRAME AL TANQUE DE LIXIVIACIÓN	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	3	6
3.5	MENOR ADSORCIÓN	POR ERROR OPERATIVO NO SE LLEVA A CABO EL REEMPLAZO DEL CARBÓN SATURADO EN LOS TANQUES DE LIXIVIACIÓN	PERDIDAS OPERATIVAS	PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	2	2

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 3	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE LIXIVIACIÓN		<b>Tabla V.2.2.4-3. Nodo 3. Circuito de lixiviación</b>				
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA LOS TANQUES CIP No. 1 A 6 (550-TK-035/036/037/038/039/040), AGITADORES DE LOS TANQUES CIP (550-MX-035/036/037/038/039/040); BOMBAS SUMERGIBLE PARA TANQUES CIP (550-PP-047/048/049/050); CEDAZOS ENTRE TANQUES (550-SC-011 A 14).		<b>Intención de diseño:</b> LIXIVIACIÓN CON SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO Y ADSORCIÓN CON CARBÓN; CONDICIONES DE PRESIÓN ATMOSFERICA Y TEMPERATURA AMBIENTE		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 550-00-01 REV. 0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN CARBÓN EN PULPA (1/2). DWG No. 550-00-02 REV. 0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN CARBÓN EN PULPA (2/2)				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
3.6	MENOR AGITACIÓN (AEREACIÓN) DE SOLUCIÓN	FALLA MECÁNICA DE LOS AGITADORES 550-MX-035/036/037/038/039/040.	DISMINUCIÓN DE LA CINÉTICA DE LIXIVIACIÓN, LO QUE REPRESENTARÁ MENOR RECUPERACIÓN DE VALORES	NO HAY SALVAGUARDAS	SEGUIMIENTO RIGUROSO A LOS PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS, MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DEL EQUIPO	1	2	2
3.7	FUGA EN LÍNEAS DE CONDUCCIÓN	FALLA DE EMPAQUETADURAS DE BRIDAS O UNIONES.  CORROSIÓN.  APLICACIÓN INADECUADA DE ALGUNO DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL ARRANQUE, PARO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO.	DERRAME DE SOLUCIÓN CIANURADA EN EL ÁREA  DAÑO AL PERSONAL.	SUMIDERO EN EL ÁREA PARA CAPTACIÓN DE DERRAMES Y BOMBA (550-SP-021) PARA RECIRCULACIÓN DEL DERRAME AL TANQUE DE LIXIVIACIÓN	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  ELABORAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y DE INTEGRIDAD MÉCANICA.	2	3	6
3.8	RUPTURA EN LINEAS DE CONDUCCIÓN	IMPACTO EXTERNO.	PRODUCCION DIFERIDA. DERRAME DE SOLUCIÓN CON CIANURO EN EL ÁREA.  DAÑO AL PERSONAL.	SUMIDERO EN EL ÁREA PARA CAPTACIÓN DE DERRAMES Y BOMBA (550-SP-021) PARA RECIRCULACIÓN DEL DERRAME AL TANQUE DE LIXIVIACIÓN	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  ELABORAR PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS PELIGROSOS.	3	2	6

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 3	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE LIXIVIACIÓN		<b>Tabla V.2.2.4-3. Nodo 3. Circuito de lixiviación</b>				
<b>Descripción:</b> CONTEMPLA LOS TANQUES CIP No. 1 A 6 (550-TK-035/036/037/038/039/040), AGITADORES DE LOS TANQUES CIP (550-MX-035/036/037/038/039/040); BOMBAS SUMERGIBLE PARA TANQUES CIP (550-PP-047/048/049/050); CEDAZOS ENTRE TANQUES (550-SC-011 A 14).		<b>Intención de diseño:</b> LIXIVIACIÓN CON SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO Y ADSORCIÓN CON CARBÓN; CONDICIONES DE PRESIÓN ATMOSFERICA Y TEMPERATURA AMBIENTE		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 550-00-01 REV. 0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN CARBÓN EN PULPA (1/2). DWG No. 550-00-02 REV. 0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN CARBÓN EN PULPA (2/2)				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
3.9	FALLA DE SUMINISTRO ELECTRICO.	FALTA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO.	PRODUCCION DIFERIDA.	PLANTA DE GENERACION ELECTRICA.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  ELABORAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO.	1	4	4

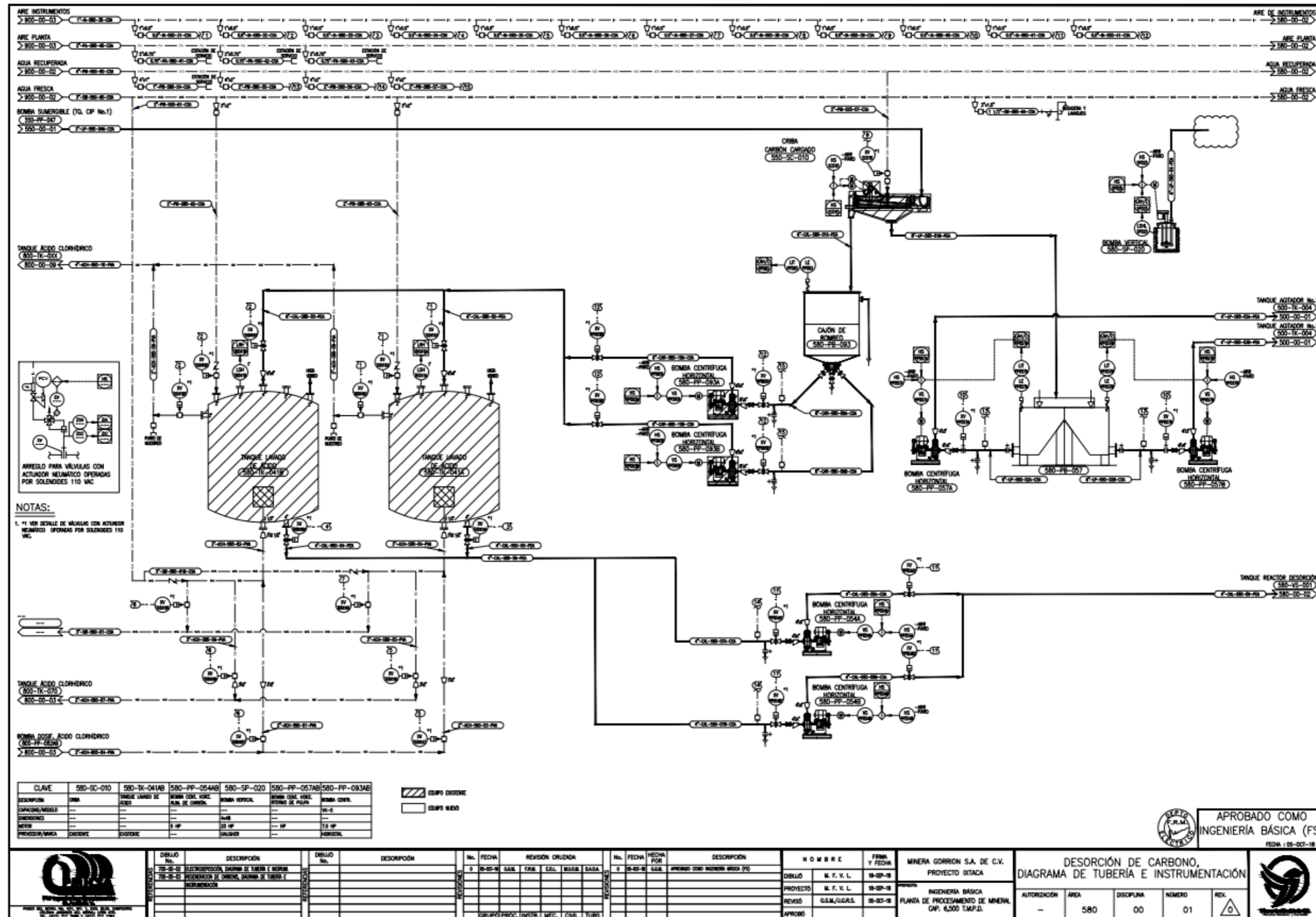


Figura V.2.2.4-5 Circuito de lavado ácido de carbón

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 4	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE LAVADO ÁCIDO		<b>Tabla V.2.2.4-4 Nodo 4. Circuito de lavado ácido</b>				
<b>Descripción:</b> CRIBA DE CARBÓN CARGADO (550-SC-010), TANQUES DE LAVADO ÁCIDO (580-TK-041A/041B), CAJÓN DE BOMBEO (580-PB-093), BOMBAS CENTRÍFUGAS HORIZONTALES (580-PP-093A/093B), BOMBA DOSIFICADORA DE ÁCIDO CLORHÍDRICO (800-PP-082A/B)		<b>Intención de diseño:</b> LAVADO CON SOLUCIÓN HIDROCLÓRICA AL 3% DEL CARBÓN CARGADO A FIN DE REMOVER LOS DEPÓSITOS DE SALES Y LIMOS QUE PUDIERON FORMARSE DURANTE EL PROCESO DE ADSORCIÓN.		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 580-00-01 REV. 01. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN DESORCIÓN DE CARBONO.				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
4.1	PRESENCIA DE HCN	INICIO DE CICLO DE LAVADO ÁCIDO DE CARBÓN SIN HABERSE RETIRADO SUFICIENTEMENTE LA SOLUCIÓN CIANURADA CONTENIDA EN EL CARBÓN. FALLA EN EL SUMINISTRO DE AGUA DE FRESCA EN LA CRIBA. ERROR AL NO SEGUIR LA SECUENCIA OPERATIVA.	DIFERIMIENTO OPERATIVO	PUNTO DE MUESTREO	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	2	2
4.2	ALTO NIVEL EN EL TANQUE DE LAVADO ÁCIDO	VÁLVULA EN LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN DE SOLUCIÓN DE ÁCIDO CLORHÍDRICO QUEDA INADVERTIDAMENTE ABIERTA.  TAPONAMIENTO EN LA LÍNEA DE DESCARGA DE ÁCIDO POR SATURACIÓN DE FILTROS	DERRAME DE SOLUCION ACIDA EN EL AREA. DAÑO AL PERSONAL	ALARMA POR ALTO NIVEL (LAH-TK041A/B) CONTENCIÓN SECUNDARIA EN EL ÁREA (SUMIDERO) CON BOMBA VERTICAL (580-SP-020). REGADERA Y LAVAOJOS DE EMERGENCIA.	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA INSTRUMENTACIÓN. ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	2	4
4.3	FUGA	FALLA DE EMPAQUETADURAS DE BRIDAS O UNIONES ROSCADAS. CORROSIÓN. FALLA DE SOLDADURA.	DERRAME DE SOLUCION ACIDA. DAÑO AL PERSONAL.	CONTENCIÓN SECUNDARIA EN EL ÁREA (SUMIDERO) CON BOMBA VERTICAL (580-SP-020). REGADERA Y LAVAOJOS DE EMERGENCIA.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	2	4

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 4	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE LAVADO ÁCIDO		<b>Tabla V.2.2.4-4 Nodo 4. Circuito de lavado ácido</b>				
<b>Descripción:</b> CRIBA DE CARBÓN CARGADO (550-SC-010), TANQUES DE LAVADO ÁCIDO (580-TK-041A/041B), CAJÓN DE BOMBEO (580-PB-093), BOMBAS CENTRÍFUGAS HORIZONTALES (580-PP-093A/093B), BOMBA DOSIFICADORA DE ÁCIDO CLORHÍDRICO (800-PP-082A/B)		<b>Intención de diseño:</b> LAVADO CON SOLUCIÓN HIDROCLÓRICA AL 3% DEL CARBÓN CARGADO A FIN DE REMOVER LOS DEPÓSITOS DE SALES Y LIMOS QUE PUDIERON FORMARSE DURANTE EL PROCESO DE ADSORCIÓN.		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 580-00-01 REV. 01. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN DESORCIÓN DE CARBONO.				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
		APLICACIÓN INADECUADA DE ALGUNO DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL ARRANQUE, PARO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO.			ELABORAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO DE INTEGRIDAD MECANICA.			
4.4	RUPTURA	IMPACTO EXTERNO.	PRODUCCION DIFERIDA. DERRAME DE SOLUCION ACIDA. DAÑO AL PERSONAL.	CONTENCIÓN SECUNDARIA EN EL ÁREA (SUMIDERO) CON BOMBA VERTICAL (580-SP-020). REGADERA Y LAVAOJOS DE EMERGENCIA.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  ELABORAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO DE INTEGRIDAD MECANICA.  ELABORAR PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS PELIGROSOS.	3	1	3
4.5	FALLA DE SUMINISTRO ELECTRICO	FALTA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO.	PRODUCCIÓN DIFERIDA	PLANTA DE GENERACION ELECTRICA.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	4	4

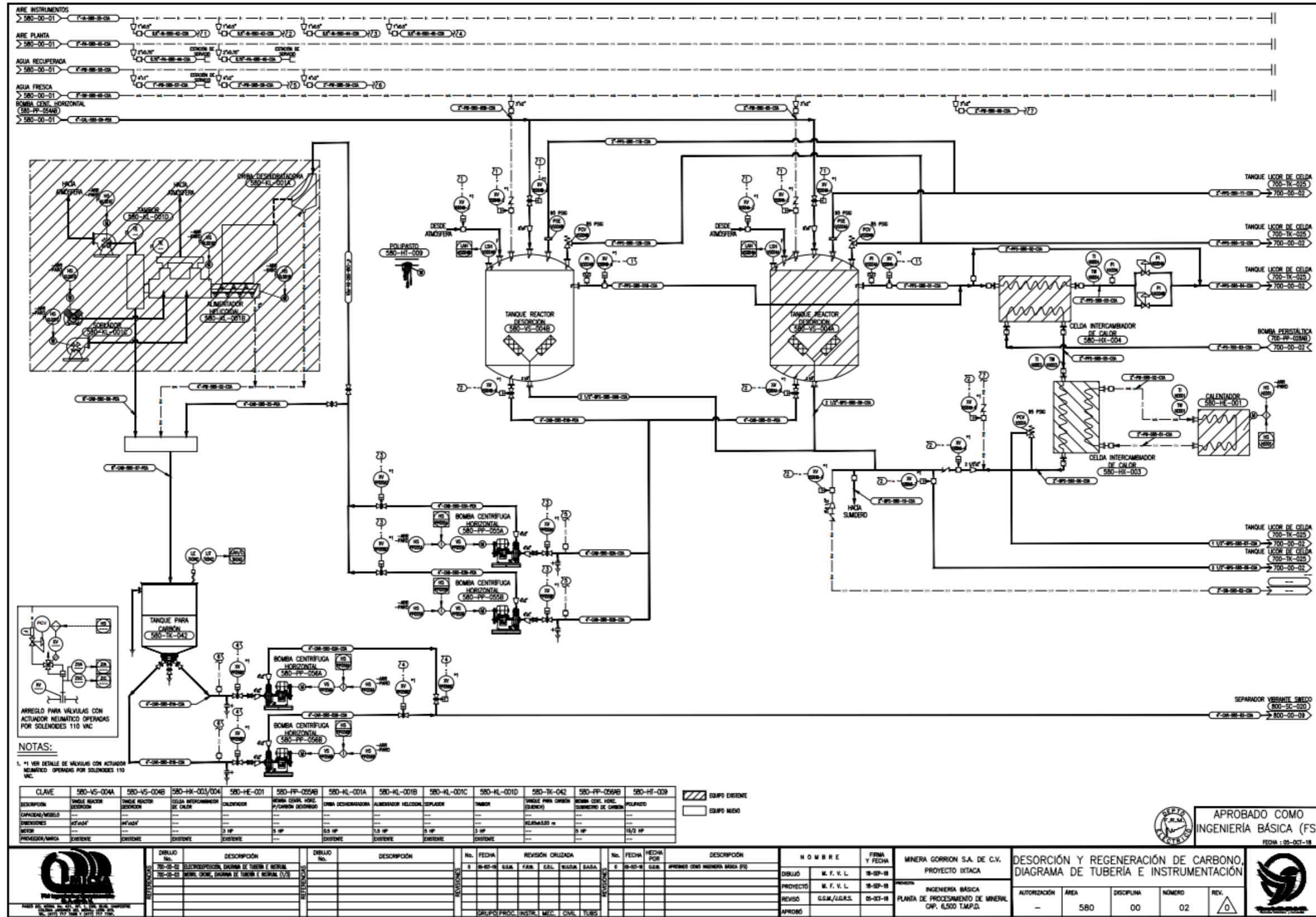


Figura V.2.2.4-6 Circuito de despojo de carbón



<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 5	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE DESORCIÓN/DESPOJO			<b>Tabla V.2.2.4-5. Nodo 5. Circuito de despojo de carbón</b>			
<b>Descripción:</b> EL CIRCUITO CONTEMPLA: TANQUE REACTOR DESORCIÓN (580-VS-004A/B); TANQUE DE SOLUCIÓN DE DESPOJO (700-TK-013); CELDA INTERCAMBIADOR DE CALOR (580-HX-003/004), CALENTADOR (580-HE-001)		<b>Intención de diseño:</b> DESORCIÓN DEL CARBÓN CON SOLUCIÓN DE CIANURO Y SOSA CÁUSTICA AL 5% Y TEMPERATURA DE 100°C PARA RECUPERACIÓN DEL MINERAL CON VALORES			<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 580-00-02 REV.0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN DESORCIÓN Y REGENERACIÓN DE CARBONO.			
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
5.1	ALTA PRESIÓN EN TANQUE DE DESPOJO	ALTA TEMPERATURA (VIENE DE 5.3).	DISPARO DE VÁLVULA DE ALIVIO PCV-VS004A/B (85 PSIG). DAÑO AL PERSONAL Y MEDIO AMBIENTE.	DISCO DE RUPTURA PSE-VS004A/B. VÁLVULA DE ALIVIO PCV-VS004A/B. CONDUCCIÓN DE LA DESCARGA DEL DISCO DE RUPTURA Y VÁLVULA DE ALIVIO A TANQUE LICOR DE CELDA.	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA INSTRUMENTACIÓN.  ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	2	4
5.2	BAJA PRESIÓN	FUGA (VIENE DE 5.5) RUPTURA (VIENE DE 5.6) VÁLVULA INADVERTIDAMENTE ABIERTA ASOCIADA A LA DESCARGA DEL CARBÓN O DE LA SOLUCIÓN DE DESPOJO CARGADA EN VALORES (SOLUCIÓN RICA)	DEFICIENTE DESPOJO DE MINERALES CONTENIDOS EN EL CARBÓN. PRODUCCIÓN DIFERIDA.	NO HAY SALVAGUARDA	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA INSTRUMENTACIÓN.  ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	2	2
5.3	ALTA TEMPERATURA.	FALLA DEL LOOP DE CONTROL.	ALTA PRESIÓN (VER PUNTO 5.1)	NO HAY SALVAGUARDAS	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA INSTRUMENTACIÓN.  ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	2	4

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 5	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE DESORCIÓN/DESPOJO		<b>Tabla V.2.2.4-5. Nodo 5. Circuito de despojo de carbón</b>				
<b>Descripción:</b> EL CIRCUITO CONTEMPLA: TANQUE REACTOR DESORCIÓN (580-VS-004A/B); TANQUE DE SOLUCIÓN DE DESPOJO (700-TK-013); CELDA INTERCAMBIADOR DE CALOR (580-HX-003/004), CALENTADOR (580-HE-001)		<b>Intención de diseño:</b> DESORCIÓN DEL CARBÓN CON SOLUCIÓN DE CIANURO Y SOSA CÁUSTICA AL 5% Y TEMPERATURA DE 100°C PARA RECUPERACIÓN DEL MINERAL CON VALORES		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 580-00-02 REV.0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN DESORCIÓN Y REGENERACIÓN DE CARBONO.				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
5.4	BAJA TEMPERATURA	FALLA DEL LOOP DE CONTROL. FALLA EN EL CALENTADOR DE SOLUCIÓN	DEFICIENTE DESPOJO DE MINERALES CONTENIDOS EN EL CARBÓN. PRODUCCIÓN DIFERIDA.	INDICADORES LOCALES DE TEMPERATURA.	ELABORAR Y APLICAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA INSTRUMENTACIÓN. ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	2	2
5.5	ALTO NIVEL EN REACTOR DE DESORCIÓN	ERROR OPERATIVO EN EL LLENADO DE SOLUCION EN EL REACTOR	DERRAME DE SOLUCIÓN CON CIANURO DE SODIO EN EL ÁREA	ALARMA POR ALTO NIVEL EN EL REACTOR (LAH-VS004A/B).	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	2	4
5.6	FUGA	FALLA DE EMPAQUETADURAS DE BRIDAS O UNIONES ROSCADAS. CORROSIÓN. FALLA DE SOLDADURA. APLICACIÓN INADECUADA DE ALGUNO DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL ARRANQUE, PARO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO.	BAJA PRESIÓN (VER PUNTO 5.2) DERRAME DE SOLUCIÓN CIANURADA EN EL ÁREA DAÑO AL PERSONAL.	SUMIDERO EN EL ÁREA DE DESPOJO CON BOMBA DE RECUPERACIÓN.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO. ELABORAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO DE INTEGRIDAD MECANICA.	2	2	4

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 5	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE DESORCIÓN/DESPOJO		<b>Tabla V.2.2.4-5. Nodo 5. Circuito de despojo de carbón</b>				
<b>Descripción:</b> EL CIRCUITO CONTEMPLA: TANQUE REACTOR DESORCIÓN (580-VS-004A/B); TANQUE DE SOLUCIÓN DE DESPOJO (700-TK-013); CELDA INTERCAMBIADOR DE CALOR (580-HX-003/004), CALENTADOR (580-HE-001)		<b>Intención de diseño:</b> DESORCIÓN DEL CARBÓN CON SOLUCIÓN DE CIANURO Y SOSA CÁUSTICA AL 5% Y TEMPERATURA DE 100°C PARA RECUPERACIÓN DEL MINERAL CON VALORES		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 580-00-02 REV.0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN DESORCIÓN Y REGENERACIÓN DE CARBONO.				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
5.7	RUPTURA	IMPACTO EXTERNO.	PRODUCCION DIFERIDA. DERRAME DE SOLUCIÓN CIANURADA EN EL ÁREA. DAÑO AL PERSONAL.	SUMIDERO EN EL ÁREA DE DESPOJO CON BOMBA DE RECUPERACIÓN.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  ELABORAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO DE INTEGRIDAD MECANICA.	2	2	4
5.8	FALLA DE SUMINISTRO ELECTRICO	FALTA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO.	PRODUCCIÓN DIFERIDA	PLANTA DE GENERACION ELECTRICA.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.  ELABORAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO.	1	4	4

Página intencionalmente dejada en blanco.

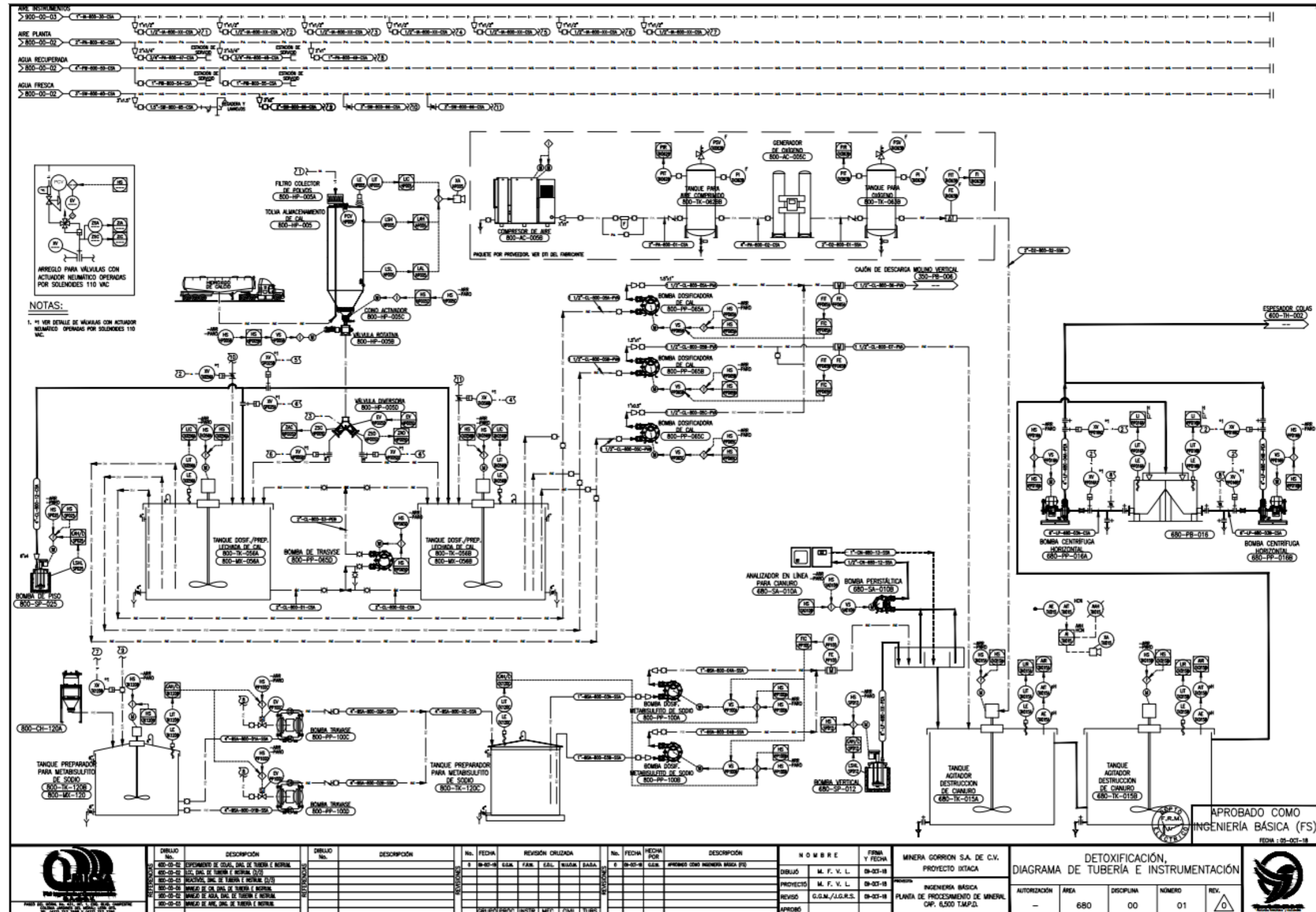


Figura V.2.2.4-7 Circuito de detoxificación

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 6	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE DESTRUCCIÓN DE CN		<i>Tabla V.2.2.4-6. Nodo 6. Destrucción de cianuros</i>				
<b>Descripción:</b> EL CIRCUITO DE DESTRUCCIÓN DE CIANURO CONTEMPLA: TANQUE AGITADOR DESTRUCCIÓN DE CIANURO (680-TK-015A/B; GENERADOR DE OXÍGENO (800-AC-005C); TANQUE PREPARADOR DE METABISULFITO DE SODIO (800-TK-120B/120C), BOMBAS DOSIFICADORAS DE METABISULFITO DE SODIO (800-PP-100A/100B), TANQUES DOSIFICADORAS/PREPARACIÓN DE LECHADA DE CAL (800-TK-056A/B); ANALIZADOR EN LÍNEA PARA CIANURO (680-SA-010A).		<b>Intención de diseño:</b> DESTRUCCIÓN DE CIANUROS (WAD) DE LA PULPA DE LIXIVIACIÓN LAVADA MEDIANTE EL PROCESO INCO		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 680-00-01 REV. 0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN DETOXIFICACIÓN				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
6.1	NO/MENOR DESTRUCCIÓN DE CIANURO	NO/MENOR ADICIÓN DE METABISULFITO DE SODIO (VER 6.5). NO/MENOR ADICIÓN DE OXÍGENO. (VER 6.6) MENOR TIEMPO DE RETENCIÓN FALLA DE AGITADORES.	NO SE LLEVARÁ A CABO LA DESTRUCCIÓN DE CIANURO CON RIESGO DE CONTAMINACIÓN POR LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS COLAS.	ANALIZADOR EN LÍNEA PARA CIANURO (680-SA-010A).	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	2	4
6.2	PRESENCIA DE HCN	NO/INSUFICIENTE ADICIÓN DE LECHADA DE CAL EN EL SISTEMA	DISPERSIÓN DE ÁCIDO CIANHÍDRICO EN EL ÁREA CON RIESGO DE AFECTACIÓN AL PERSONAL OPERATIVO	INDICACIÓN REMOTA DE pH (IR-TK015A/B). ALARMA SONORA Y LUMINOSA POR PRESENCIA DE ÁCIDO CIANHÍDRICO (AAH-TK015).	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	2	4
6.3	AUMENTO DE NIVEL	FALLA OPERATIVA DURANTE EL LLENADO DEL TANQUE DE DESTRUCCIÓN DE CN	DERRAME DE COLAS IMPREGNADAS CON SOLUCIÓN DE CIANURO .	SEÑAL REMOTA DE NIVEL (LIR-TK015A/B). CONTENCIÓN SECUNDARIA (SUMIDERO) CON BOMBA DE RECUPERACIÓN 680-SP-012.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	2	4
6.4	MENOR NIVEL	FUGAS EN EL SISTEMA. ERRORES OPERATIVOS EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS COLAS IMPREGNADAS CON CIANURO.	DERRAME DE COLAS IMPREGNADAS CON SOLUCIÓN DE CIANURO .	SEÑAL REMOTA DE NIVEL (LIR-TK015A/B). CONTENCIÓN SECUNDARIA (SUMIDERO) CON BOMBA DE RECUPERACIÓN 680-SP-012.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	2	4

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 6	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE DESTRUCCIÓN DE CN		<b>Tabla V.2.2.4-6. Nodo 6. Destrucción de cianuros</b>				
<b>Descripción:</b> EL CIRCUITO DE DESTRUCCIÓN DE CIANURO CONTEMPLA: TANQUE AGITADOR DESTRUCCIÓN DE CIANURO (680-TK-015A/B; GENERADOR DE OXÍGENO (800-AC-005C); TANQUE PREPARADOR DE METABISULFITO DE SODIO (800-TK-120B/120C), BOMBAS DOSIFICADORAS DE METABISULFITO DE SODIO (800-PP-100A/100B), TANQUES DOSIFICADORAS/PREPARACIÓN DE LECHADA DE CAL (800-TK-056A/B); ANALIZADOR EN LÍNEA PARA CIANURO (680-SA-010A).		<b>Intención de diseño:</b> DESTRUCCIÓN DE CIANUROS (WAD) DE LA PULPA DE LIXIVIACIÓN LAVADA MEDIANTE EL PROCESO INCO		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 680-00-01 REV. 0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN DETOXIFICACIÓN				
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
6.5	NO/INSUFICIENTE SUMINISTRO DE METABISULFITO DE SODIO.	NO EXISTENCIA DEL REACTIVO. FALLA DEL EQUIPO DE BOMBEO DOSIFICADOR DE METABISULFITO DE SODIO. CIERRE TOTAL O PARCIAL DE CUALQUIERA DE LAS VÁLVULAS LOCALIZADAS EN EL CIRCUITO DEL REACTIVO.	NO SE LLEVARÁ A CABO LA DESTRUCCIÓN DE CIANURO CON RIESGO DE CONTAMINACIÓN EN LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS COLAS.	ANALIZADOR EN LÍNEA PARA CIANURO (680-SA-010A).	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	2	4
6.6	NO/INSUFICIENTE SUMINISTRO DE OXÍGENO	FALLA DEL EQUIPO GENERADOR DE OXÍGENO. CIERRE TOTAL O PARCIAL DE CUALQUIERA DE LAS VÁLVULAS LOCALIZADAS EN EL CIRCUITO.	NO SE LLEVARÁ A CABO LA DESTRUCCIÓN DE CIANURO CON RIESGO DE CONTAMINACIÓN EN LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS COLAS.	ANALIZADOR EN LÍNEA PARA CIANURO (680-SA-010A).	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	2	2	4
6.7	FUGA EN EL CIRCUITO	FALLA DE EMPAQUETADURAS DE BRIDAS O UNIONES ROSCADAS. CORROSIÓN. FALLA DE SOLDADURA. APLICACIÓN INADECUADA DE ALGUNO DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL ARRANQUE, PARO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO.	DERRAME DE COLAS IMPREGNADAS CON SOLUCIÓN DE CIANURO.	CONTENCIÓN SECUNDARIA (SUMIDERO) CON BOMBA DE RECUPERACIÓN 680-SP-012.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO. ELABORAR PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO DE INTEGRIDAD MECANICA.	2	2	4

<b>Compañía:</b> MINERA GORRIÓN, S. A. DE C.V.		<b>Sitio:</b> IXTACAMAXTITLÁN, PUEBLA		<b>Planta:</b> PLANTA DE BENEFICIO PROYECTO MINERO IXTACA				
<b>Método:</b> HAZOP	<b>No. de Nodo:</b> 6	<b>Nodo:</b> CIRCUITO DE DESTRUCCIÓN DE CN		<i>Tabla V.2.2.4-6. Nodo 6. Destrucción de cianuros</i>				
<b>Descripción:</b> EL CIRCUITO DE DESTRUCCIÓN DE CIANURO CONTEMPLA: TANQUE AGITADOR DESTRUCCIÓN DE CIANURO (680-TK-015A/B; GENERADOR DE OXÍGENO (800-AC-005C); TANQUE PREPARADOR DE METABISULFITO DE SODIO (800-TK-120B/120C), BOMBAS DOSIFICADORAS DE METABISULFITO DE SODIO (800-PP-100A/100B), TANQUES DOSIFICADORAS/PREPARACIÓN DE LECHADA DE CAL (800-TK-056A/B); ANALIZADOR EN LÍNEA PARA CIANURO (680-SA-010A).			<b>Intención de diseño:</b> DESTRUCCIÓN DE CIANUROS (WAD) DE LA PULPA DE LIXIVIACIÓN LAVADA MEDIANTE EL PROCESO INCO		<b>Número de Diagrama:</b> DWG No. 680-00-01 REV. 0. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN DETOXIFICACIÓN			
ITEM	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	RECOMENDACIONES	MATRIZ DE RIESGO		
						S	F	IR
6.8	FALLA DE SUMINISTRO ELECTRICO	FALTA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO.	PRODUCCIÓN DIFERIDA	PLANTA DE GENERACION ELECTRICA.	ELABORAR, CAPACITAR, DIFUNDIR Y APLICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ARRANQUE Y PARO.	1	4	4



Página intencionalmente dejada en blanco.

### V.2.2.5. Jerarquización de Riesgos. Matriz de Riesgos

Una vez identificados los puntos de riesgo, se empleará la técnica semicuantitativa de riesgo denominada Matriz de Jerarquización de Riesgos.

La Matriz de Jerarquización de Riesgos relaciona la severidad de los escenarios, mediante el uso de los índices ponderados de las consecuencias o afectación y de la probabilidad de ocurrencia del incidente. El índice de severidad de las consecuencias (Tabla V.2.2.5-1), permite identificar la magnitud de las consecuencias en relación con los daños probables tanto a la salud del personal, al medio ambiente como a la integridad de la instalación.

Tabla V.2.2.5-1. Índice de severidad de las consecuencias.

Índice de Severidad de las Consecuencias				
Afectación	Ligera 1	Moderada 2	Grave 3	Catastrófico 4
<b>A las personas</b>				
Seguridad y salud de los vecinos	Sin afectación a la seguridad y salud pública.	Alerta vecinal, afectación potencial a la seguridad y salud pública.	Evacuación; lesiones menores afectación a la seguridad y salud pública moderada; costos por afectaciones y daños entre 5 y 10 millones de pesos.	Evacuación; lesionados, una o más fatalidades; afectación a la seguridad y salud pública; costos por lesiones y daños mayores a 10 millones de pesos.
Seguridad y salud de los contratistas y empleados	Sin lesionados, primeros auxilios	Atención médica; lesiones menores sin incapacidad; efectos a la salud reversibles.	Hospitalización; múltiples lesionados, incapacidad parcial o total temporal; efectos moderados a la salud.	Una o más fatalidades; lesionados graves con daños irreversibles; incapacidad parcial o total permanentes.
<b>Al ambiente</b>				
Efectos en el centro de trabajo	Olores desagradables, ruidos continuos; emisiones en los límites de reporte; polvos y partículas en el aire.	Condiciones peligrosas; informe a las autoridades; emisiones mayores a las permitidas; polvos, humos, olores significantes.	Preocupación en el sitio por: fuego y llamaradas; ondas de sobrepresión; fuga de sustancias tóxicas.	Continuidad de la operación amenazada; incendios, explosiones o nubes tóxicas, evacuación del personal.
Efectos fuera del centro de trabajo.	Operación corta de quemadores; olores y ruidos que provocan pocas quejas de los vecinos.	Molestias severas por presencia intensa de humos, partículas suspendidas y olores; quemadores operando continuamente; ruidos persistentes y humos.	Remediación requerida; fuego y humo que afectan áreas fuera del centro de trabajo; explosión que tiene efectos fuera del centro de trabajo; presencia de contaminantes.	Descargas mayores de gas o humos. Evacuación de vecinos, escape de gases tóxicos; daño significativo a largo plazo de la flora y fauna o repetición de eventos mayores.
<b>Al negocio</b>				
Pérdida de producción, daño a las instalaciones.	Menos de una semana de paro. Daños a las instalaciones y pérdida de producción menor a 5 millones de pesos.	De 1 a 2 semanas de paro. Daño a las instalaciones y pérdida de la producción hasta 10 millones de pesos.	De 2 a 4 semanas de paro. Daño a las instalaciones y pérdida de la producción hasta 20 millones de pesos.	Más de un mes de paro. Daño a propiedades o a las instalaciones; pérdida mayor a 20 millones de pesos.
Efecto legal.	Incidente reportable.	Se da una alerta por parte de las autoridades.	Multas significativas; suspensión de actividades.	Multa mayor; proceso judicial.

Índice de Severidad de las Consecuencias				
Afectación	Ligera 1	Moderada 2	Grave 3	Catastrófico 4
Daños en propiedad de terceros	Las construcciones son reutilizables con reparaciones menores. Poco riesgo para los ocupantes.	Las reparaciones son mayores, con costos similares a edificaciones nuevas. Riesgo de alguna lesión a ocupantes.	Pérdida total de los bienes o de la funcionalidad de los bienes; posibilidad de fatalidades.	Demolición y reedificación de inmuebles; sustitución del edificio. Posible lesión fatal a algún ocupante.

Por otro lado, la probabilidad de ocurrencia de un incidente depende directamente del nivel de protección del equipo, así como del historial de frecuencias de fallas. A continuación, en la Tabla V.2.2.5-2, se presentan los diferentes niveles de frecuencias de ocurrencia de incidentes.

Tabla V.2.2.5-2 Niveles de frecuencia (criterios de ocurrencia).

Niveles de Frecuencia Criterios de Ocurrencia			
Nivel	Categoría	Cuantitativo	Descripción
4	Frecuente	$>1 \times 10^{-01}$ o menos de uno cada diez años	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años.
3	Poco frecuente	$1 \times 10^{-01}$ a $1 \times 10^{-02}$ o uno entre diez y cien años	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones.
2	Raro	$1 \times 10^{-02}$ a $1 \times 10^{-03}$ o uno entre cien y mil años	Concebible: nunca ha ocurrido en el centro de trabajo pero puede haber ocurrido en instalaciones similares.
1	Extremadamente remoto	$< 1 \times 10^{-03}$ o menos de uno cada mil años	Esencialmente imposible, no se espera que ocurra durante el tiempo de vida de la instalación

La matriz de riesgo representa en forma gráfica la ponderación de riesgo que pueden tomar cada uno de los escenarios. Se definen cuatro regiones que indican el tipo de riesgo que tiene el escenario y las acciones que se deben llevar a cabo.

La matriz de jerarquización de riesgos resultante se muestra en la Figura V.2.2.5-1.

ÍNDICE PONDERADO DE RIESGO		CONSECUENCIAS				
		Ligero	Moderado	Severo	Catastrófico	
		1	2	3	4	
FRECUENCIA	Frecuente	4	4	8	12	16
	Poco frecuente	3	3	6	9	12
	Raro	2	2	4	6	8
	Extremadamente raro	1	1	2	3	4

Figura V.2.2.5-1 Matriz de Riesgos

Finalmente, el índice ponderado de riesgo de la Tabla V.2.2.5-3 nos permite jerarquizar los puntos de proceso que requieren de acciones correctivas urgentes, o bien, interpretar el riesgo asociado de la instalación con sus posibles efectos.

Tabla V.2.2.5-3 Índice de riesgo

Categoría	Nivel de Riesgo	Descripción
1 - 3	Aceptable	Riesgo generalmente aceptable; no se requieren medidas de mitigación y/o abatimiento
4 - 6	Aceptable con controles	Se debe revisar que los procedimientos de ingeniería y control se estén llevando a cabo en forma correcta
8 - 9	Indeseable	Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar en un período a mediano plazo.
12 - 16	Inaceptable	Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar de inmediato.

Para la elaboración de la Matriz de Jerarquización de Riesgos, se evalúan las desviaciones obtenidas en las técnicas de identificación de riesgos: Qué pasa si..? y HAZOP, asignando valores de la frecuencia de ocurrencia (F) y severidad o consecuencia (S). El producto de estos dos valores F X S nos proporcionará el índice de riesgo (IR), el cual nos permite determinar los escenarios relevantes para la simulación de los escenarios de riesgo. En la Tabla V.2.2.5-4, se presenta el resumen de los escenarios de riesgo resultantes del análisis HAZOP:

Tabla V.2.2.5-4 Resumen de los escenarios de riesgo resultantes del Análisis HAZOP y Qué pasa si..?

Jerarquización de Eventos de Riesgo						
ITEM	Nodo	Desviación	Consecuencias	Matriz de Riesgo		
				S	F	IR
1.2/ 1.8/ 2.7 HAZOP	CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO/ CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE SOLUCIÓN DE HIDROXIDO DE SODIO	BAJO pH EN LA SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO	RIESGO DE GENERACIÓN DE ATMOSFERA TÓXICA DE ACIDO CIANHIDRICO. DAÑO AL PERSONAL Y MEDIO AMBIENTE	3	3	9
Evento <b>INDESEABLE</b> con consecuencias graves para el personal y medio ambiente por la formación de ácido cianhídrico, aunque con una mínima probabilidad de ocurrencia. La falta de seguimiento a los procedimientos operativos, falla en la instrumentación y equipo (bombas, agitadores, etc.) podrían dar origen a una baja del pH en la solución cianurada, sin embargo, esta variación será poco significativa dado que en el circuito de preparación de solución cianurada se empleará solución de hidróxido de sodio con pH alto con reposición agua. La alarma audible/visible por alta concentración de ácido cianhídrico en el área; la indicación en cuarto de control del pH; así como el seguimiento riguroso a los programas de mantenimiento preventivo, procedimientos operativos y de difusión y capacitación para el personal, permitirán reducir la probabilidad de ocurrencia de 2 a 1, convirtiendo al evento <b>INDESEABLE</b> en <b>ACEPTABLE CON CONTROLES</b> .						
3.2 HAZOP	CIRCUITO DE LIXIVIACIÓN	BAJO pH EN SOLUCIÓN DOSIFICADA EN LOS TANQUES DE LIXIVIACIÓN	RIESGO DE PRESENCIA DE ATMOSFERA TÓXICA DE ACIDO CIANHIDRICO. DAÑO AL PERSONAL Y MEDIO AMBIENTE.	2	3	6
Eventos <b>ACEPTABLES CON CONTROLES</b> con consecuencias moderadas para el personal y medio ambiente por la formación de ácido cianhídrico, aunque con una baja probabilidad de ocurrencia. Este escenario se deriva de la baja de pH en la solución con cianuro por omisiones/errores operativos, falla en la instrumentación y equipo; la probabilidad de ocurrencia es poco frecuente siempre y cuando se lleve un riguroso seguimiento a los procedimientos operativos. Como medida de seguridad en el área se contará con alarma por alta concentración de HCN. Esto permitirá reducir la probabilidad de ocurrencia de los eventos (de 3 a 2) dejándolo en <b>ACEPTABLES CON CONTROLES</b> .						
1.3 HAZOP	CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO	ALTO NIVEL EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CIANURO (800-TK-060A/ 060B).	DERRAME DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO EN EL ÁREA. DAÑO AL PERSONAL.	2	3	6

Jerarquización de Eventos de Riesgo						
ITEM	Nodo	Desviación	Consecuencias	Matriz de Riesgo		
				S	F	IR
1.5 HAZOP	CIRCUITO DE PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO	FUGA EN EL CIRCUITO DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO.	DERRAME DE SOLUCIÓN DE CIANURO DE SODIO. DAÑO AL PERSONAL.	2	3	6
3.4 HAZOP	CIRCUITO DE LIXIVIACIÓN	AUMENTO DE NIVEL EN LOS TANQUES DE LIXIVIACIÓN	DERRAME DE SOLUCIÓN CON CIANURO EN EL ÁREA DAÑO AL PERSONAL	2	3	6
3.7 HAZOP	CIRCUITO DE LIXIVIACIÓN	FUGA EN LÍNEAS DE SOLUCIÓN CIANURADA	DERRAME DE SOLUCIÓN CON CIANURO EN EL ÁREA DAÑO AL PERSONAL	2	3	6
3.8 HAZOP	CIRCUITO DE LIXIVIACIÓN DE CONCENTRADOS	IMPACTO EXTERNO	DERRAME DE SOLUCIÓN CON CIANURO EN EL ÁREA DAÑO AL PERSONAL	2	3	6
Eventos <b>ACEPTABLES CON CONTROLES</b> con consecuencias graves a moderadas para el personal y medio ambiente, aunque con una probabilidad de ocurrencia poco frecuente. Estos escenarios se derivan de la fuga en los circuitos que manejan la solución cianurada por lo que su probabilidad de ocurrencia es poco frecuente siempre y cuando se lleve un riguroso seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo y de integridad mecánica, a los de capacitación y a los procedimientos operativos y de mantenimiento. Como medidas de salvaguarda las áreas contarán con sistemas de contención secundaria que captarán los derrames y los incorporarán al proceso. Todo esto permitirá reducir la probabilidad de ocurrencia de los eventos haciéndolos de <b>ACEPTABLES CON CONTROLES</b> a <b>ACEPTABLES</b> .						
-- QUÉ PASA SI..?	CIRCUITO DE MANEJO DE ÁCIDO CLORHÍDRICO	RUPTURA EN EL CUBICONTENEDOR DE 1 TONELADA	DERRAME DE ÁCIDO CLORHÍDRICO CON RIESGOS DE DISPERSIÓN DE NUBE TÓXICA	2	3	6
-- QUÉ PASA SI..?	CIRCUITO DE MANEJO DE ÁCIDO NÍTRICO	RUPTURA Y FUGA EN CONEXIÓN DE TUBERÍA/VÁLVULA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	DERRAME DE ÁCIDO NÍTRICO CON RIESGOS DE DISPERSIÓN DE NUBE TÓXICA	2	3	6

De acuerdo con los resultados obtenidos, los eventos de mayor riesgo que pueden estar presentes dentro de las instalaciones de la Planta de Beneficio del proyecto Minero Ixtaca, son:

- Generación y emisión de ácido cianhídrico por la baja de pH en la preparación de la solución de cianuro de sodio.
- Generación y emisión de ácido cianhídrico por baja de pH en el circuito de solución de cianuro durante la etapa de lixiviación de concentrados.
- Derrame de ácido clorhídrico y dispersión de nube tóxica.
- Derrame de ácido nítrico y dispersión de nube tóxica.

A fin de conocer la interacción de riesgo con otras instalaciones de riesgo, se integran en la evaluación cuantitativa la modelación de los siguientes escenarios:

- Incendio tipo alberca (pool fire) por derrame de diesel en la estación de servicio.
- Explosión no controlada de explosivos en el área del tajo.

#### *V.2.2.6. Determinación de las Probabilidades de Ocurrencia*

Una vez identificados los riesgos potenciales a través de las metodologías ¿Qué pasa si..? y HAZOP, a continuación se lleva a cabo la determinación de las probabilidades de ocurrencia; para ello se empleó la metodología denominada Árbol de Fallas (AAF), la cual es una herramienta empleada para el análisis de cómo pueden llegar a ocurrir y de las posibles interrelaciones entre los eventos. Se trata de un proceso deductivo que permite determinar cómo puede tener lugar un suceso, en particular apoyando en la cuantificación de los riesgos involucrados.

El árbol de fallas descompone un accidente en sus elementos causales, ya sean éstos: fallas humanas o de equipos del proceso, sucesos externos, etc. El resultado es una representación lógica, en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar un suceso culminante que ocupa la cúspide del árbol.

De manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del "evento a evitar", conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas (Y u O)". El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

La metodología empleada consiste en representar cada interrelación con un símbolo del álgebra de Booleana. Si para la ocurrencia de un evento se requiere que dos o más condiciones se cumplan simultáneamente, utilizamos el símbolo "Y" y si para la ocurrencia sólo se requiere que una de dos o más condiciones se cumpla, usamos la compuerta "O". Multiplicando y/o sumando todas las probabilidades de los eventos contribuyentes unidos mediante una misma compuerta "Y" u "O", se obtiene la probabilidad del evento del siguiente nivel jerárquico.

Para la determinación del valor de probabilidad se recurre a un árbol de fallas más estructurado, que contenga los elementos de mayor ponderación al riesgo, determinados en los análisis "¿Qué pasa si..? y HAZOP. Mediante la asignación de probabilidades de cada evento que pueda tener participación en el riesgo, la probabilidad de su ocurrencia puede ser calculada. Una vez procesados los datos se obtiene la probabilidad de ocurrencia de un evento final.

Una vez elaborado el árbol de fallas para el riesgo determinado, se puede dar las asignaciones de probabilidad de ocurrencia a cada falla que participe en distintos eventos que conformen su posible desarrollo.

La presencia de la fuente de ignición se analiza a partir de tres eventos independientes y por lo tanto se aplica una compuerta "O", y son: la posibilidad de una chispa generada por un acto inseguro de los trabajadores de la empresa encargada de la operación y mantenimiento, al estar realizando actividades con equipo eléctrico, corte y soldadura, etc. Otra de las causas que se considera es un incendio externo, así como la posibilidad de una fuente de ignición generada por fenómenos meteorológicos.

Una vez desarrollado el análisis cualitativo se asignan los valores de probabilidad basándose en la estimación de ocurrencia, sustentándose en la experiencia del personal operativo y en el conocimiento de sucesos ocurridos en sistemas similares.

Derivado que la información referente a frecuencias de fallas reportada bibliográficamente en las bases reconocidas internacionalmente, no cubren el total de los eventos de falla causales, se han utilizado los valores de probabilidad sugeridos por el Instituto de Ingenieros Eléctricos del Reino Unido (2004), en base al comportamiento de la falla y la información proporcionada del sistema y criterio del evaluador.

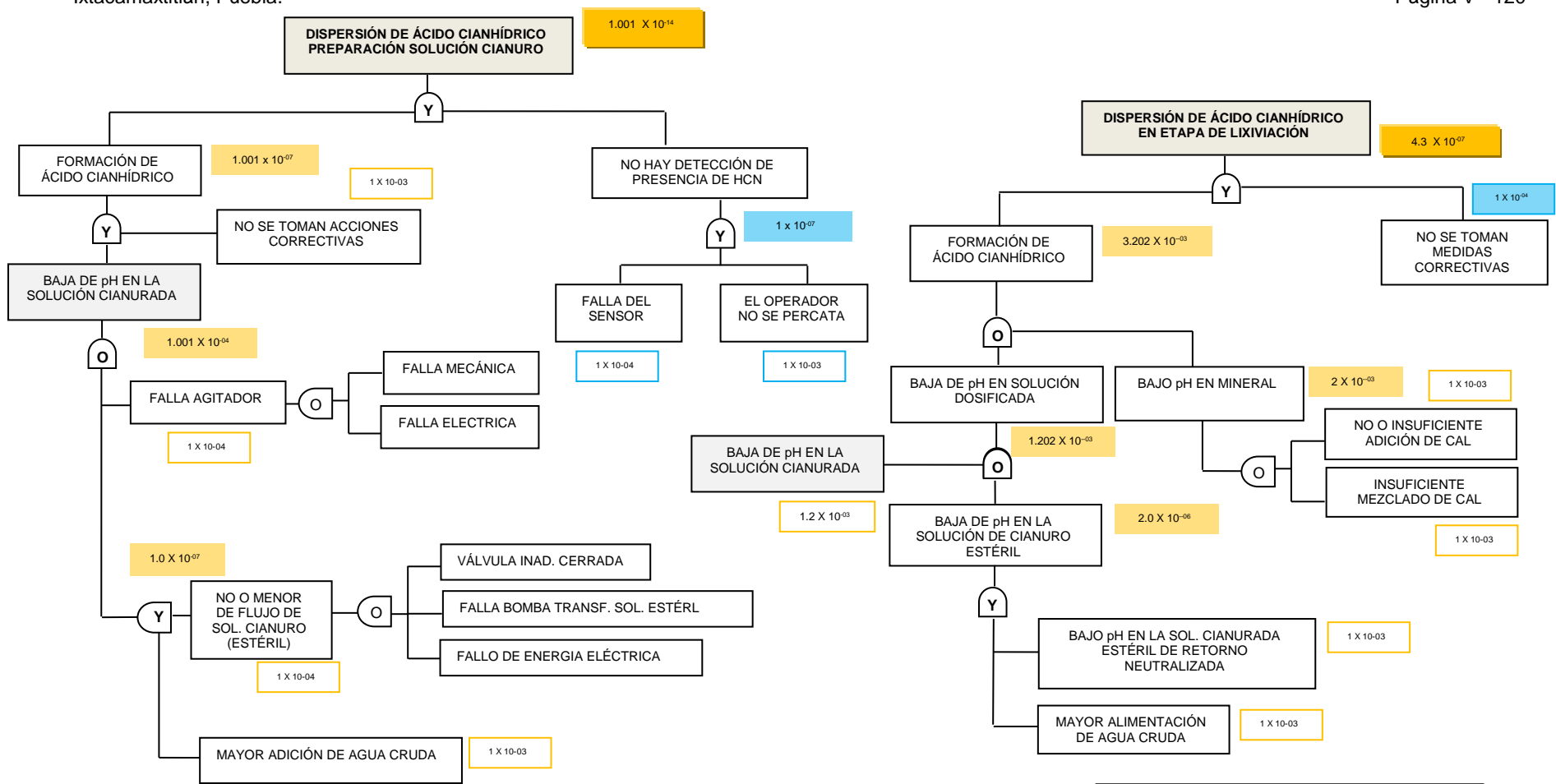
La Tabla V.2.2.6-1, presenta los valores de probabilidad de falla empleada para la asignación del valor.

*Tabla V.2.2.6-1. Valores de probabilidad de falla*

Probabilidad	Descripción	Comportamiento de la falla
$10^{-01}$	Frecuente	Ocurre frecuentemente
$10^{-02}$	Probable	Ocurre varias veces
$10^{-03}$	Ocasional	Ocurre algunas veces
$10^{-04}$	Remoto	No ocurre pero es posible que ocurra
$>10^{-05}$	Improbable	Difícil que ocurra

*FUENTE: Health and Safety Briefing No. 26A Sept.2004. The Institution of Electrical Engineers*

A continuación en las Figuras V.2.2.6-1 a V.2.2.6-5 se presentan los Árboles de Falla para la secuencia de eventos accidentales relacionados con los circuitos de: cianuro de sodio (dispersión de ácido cianhídrico) durante la preparación de la solución y el circuito de lixiviación; ácido clorhídrico (dispersión de nube tóxica); diesel (incendio tipo alberca) y material explosivo en área de tajo (explosión descontrolada).



Probabilidad	Descripción	Comportamiento de la falla
$10^{-01}$	Frecuente	Ocurre frecuentemente
$10^{-02}$	Probable	Ocurre varias veces
$10^{-03}$	Ocasional	Ocurre algunas veces
$10^{-04}$	Remoto	No ocurre pero es posible que ocurra
$>10^{-05}$	Improbable	Difícil que ocurra

FUENTE: Health and Safety Briefing No. 26A Sept.2004. The Institution of Electrical Engineers

Figura V.2.2.6-1. Dispersión de ácido cianhídrico durante preparación de solución cianurada.

Figura V.2.2.6-2. Dispersión de ácido cianhídrico en la etapa de lixiviación



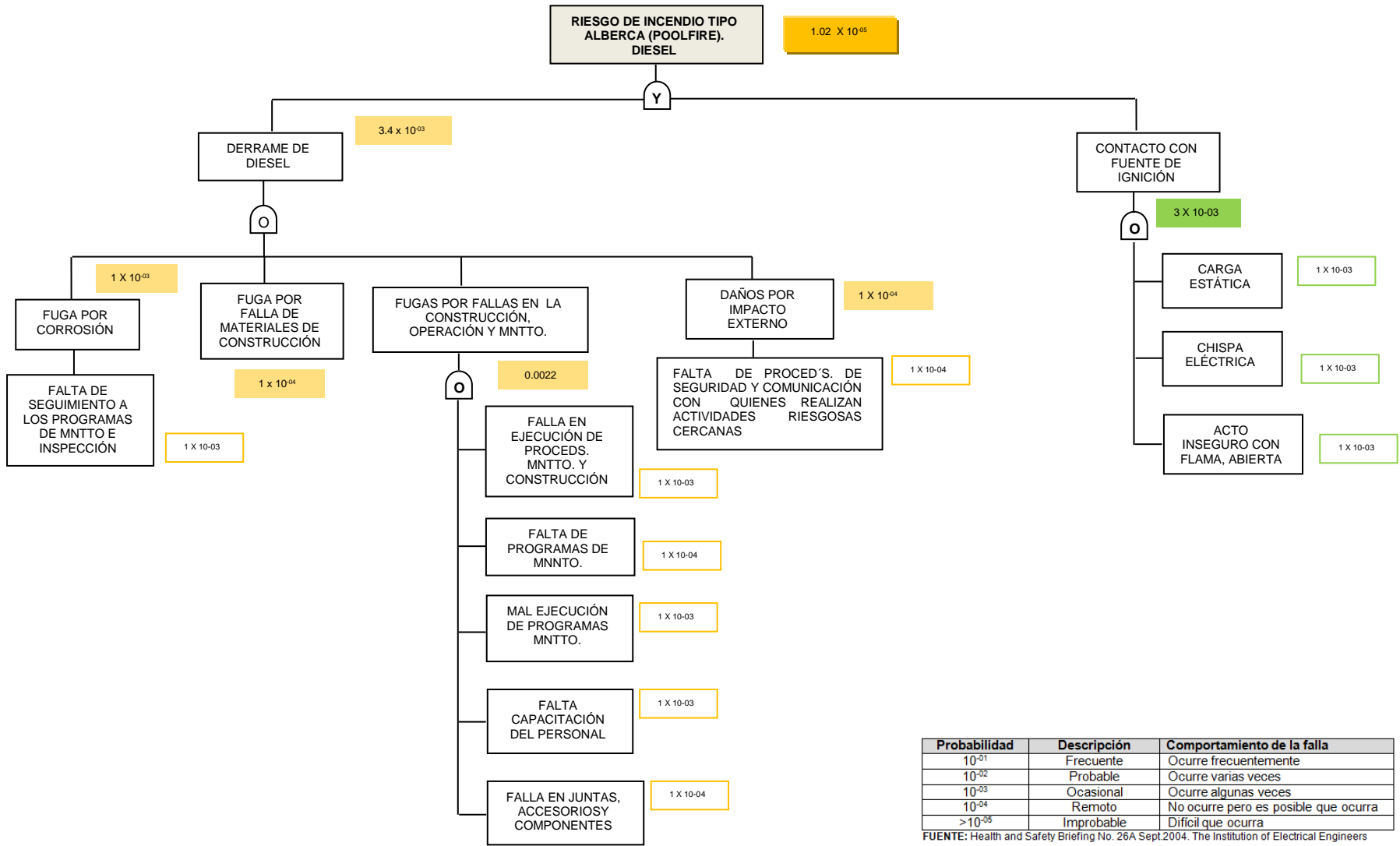
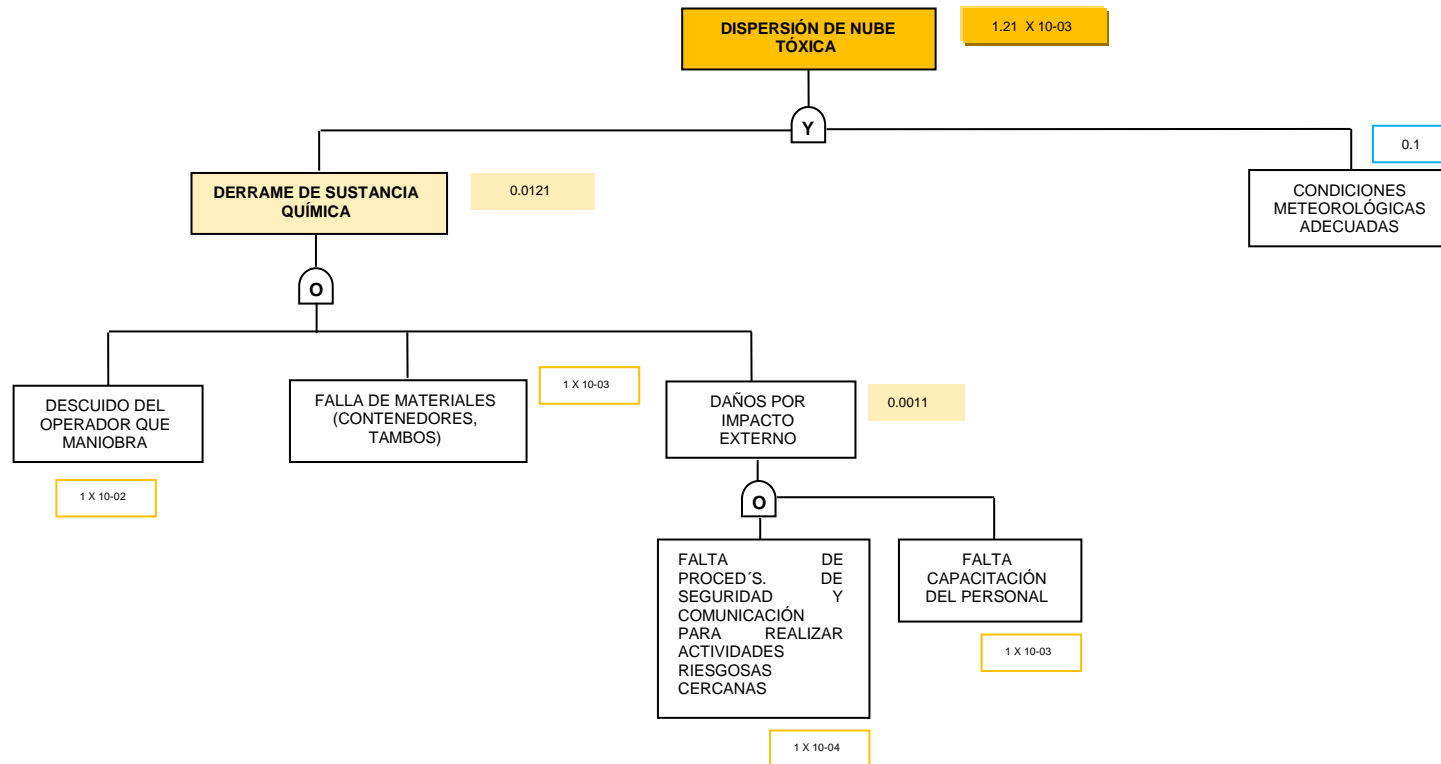


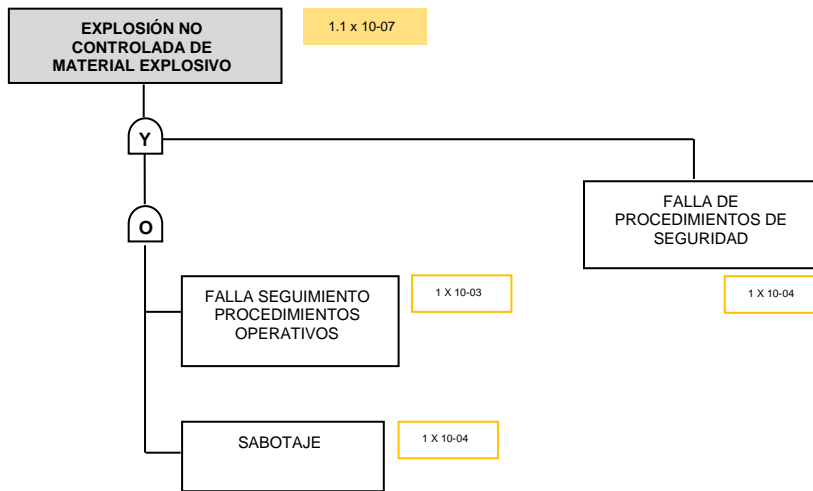
Figura V.2.2.6-3. Derrame de diesel con riesgo de incendio tipo alberca (poolfire)



Probabilidad	Descripción	Comportamiento de la falla
10 <sup>-01</sup>	Frecuente	Ocurre frecuentemente
10 <sup>-02</sup>	Probable	Ocurre varias veces
10 <sup>-03</sup>	Ocasional	Ocurre algunas veces
10 <sup>-04</sup>	Remoto	No ocurre pero es posible que ocurra
>10 <sup>-05</sup>	Improbable	Difícil que ocurra

FUENTE: Health and Safety Briefing No. 26A Sept.2004. The Institution of Electrical Engineers

Figura V.2.2.6-4 Dispersion de nube tóxica por el derrame de ácido clorhídrico y ácido nítrico.



Probabilidad	Descripción	Comportamiento de la falla
10 <sup>-01</sup>	Frecuente	Ocurre frecuentemente
10 <sup>-02</sup>	Probable	Ocurre varias veces
10 <sup>-03</sup>	Ocasional	Ocurre algunas veces
10 <sup>-04</sup>	Remoto	No ocurre pero es posible que ocurra
>10 <sup>-05</sup>	Improbable	Difícil que ocurra

FUENTE: Health and Safety Briefing No. 26A Sept.2004. The Institution of Electrical Engineers

Figura V.2.2.6-5. Explosión no controlada de material explosivo en el área de tajo

Del análisis de la matriz de riesgos y de la determinación de probabilidad de falla, la tabla V.2.2.6-2 presenta los resultados del nivel de riesgo y frecuencia de falla para los eventos accidentales identificados.

Tabla V.2.2.6-2 Resultados del nivel de riesgo y frecuencia de falla de los eventos accidentales identificados

Evento	Descripción del Evento	Matriz de Riesgos	Descripción de la probabilidad
1	Generación y emisión de ácido cianhídrico por la baja de pH en la preparación de la solución de cianuro de sodio	Aceptable con controles	Improbable
2	Generación y emisión de ácido cianhídrico por baja de pH en el circuito de solución de cianuro durante la etapa de lixiviación de concentrados.	Aceptable con controles	Improbable
3	Derrame de ácido clorhídrico y dispersión de nube tóxica.	Aceptable con controles	Improbable
4	Derrame de ácido nítrico y dispersión de nube tóxica	Aceptable con controles	Improbable
5	Derrame de diesel con posterior incendio tipo alberca.	Aceptable	Improbable
6	Explosión no controlada de explosivos en el área del tajo.	Aceptable con controles	Improbable

Estos escenarios servirán para la evaluación cuantitativa de las zonas de afectación (riesgo y amortiguamiento) como parte de los alcances en la siguiente sección del presente estudio.

### **V.3. Descripción de las Zonas de Protección entorno a las Instalaciones**

#### **V.3.1. Radios Potenciales de Afectación**

El análisis de consecuencias permite evaluar la magnitud de los efectos negativos potenciales de la instalación y la propagación de un incidente que generalmente involucra modelos de liberación accidental de sustancias peligrosas, desarrollándose una variedad de escenarios cuyo análisis permite determinar el impacto potencial al personal, instalación y medio ambiente.

Los tipos de incidentes a considerar que pueden generar la pérdida de control sobre las sustancias peligrosas y desencadenar consecuencias negativas son:

- Dispersión de sustancia tóxica
- Incendio
- Explosión

El análisis de riesgo se efectuará considerando los siguientes aspectos: la naturaleza del proceso, las características físico-químicas de la sustancia y las condiciones operativas. Para la simulación de los eventos de riesgo identificados se aplica el modelo ALOHA® (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) Versión 5.4.7 de septiembre del 2016, el cual fue desarrollado por la EPA (Environmental Protection Agency) y la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). El ALOHA® modela tres tipos de categorías de riesgo: dispersión de nube tóxica, incendios y explosiones. ALOHA® emplea dos criterios de modelación: (1) modelo de dispersión en aire utilizado para estimar el movimiento y dispersión de nubes tóxicas y (2) modelo de radiación térmica generada por un incendio. El ALOHA también integra dos modelos de dispersión: un modelo Gaussiano y otro para gases más pesados que el aire.

Es importante señalar que para la modelación de escenarios de riesgo se han considerado las condiciones climatológicas y meteorológicas extremas del sitio en estudio (capítulo IV del presente estudio), así como las propiedades específicas de las sustancias involucradas. La importancia de esta observación radica en el hecho de que, en caso de presentarse alguno de los eventos definidos, no significa que se manifieste el comportamiento con la que se simuló el evento, ya que las condiciones pueden ser completamente diferentes y pueden generar situaciones de menor riesgo. Juega un papel muy importante entre los criterios a observar en la evaluación del riesgo ambiental, el establecimiento de parámetros de medición mediante los cuales se fijan valores topes que permiten salvaguardar la salud de quienes se encuentran en los alrededores de las instalaciones de alto riesgo, así como proteger sus bienes.

Para definir y justificar las zonas de seguridad en torno al Proyecto, se aplicarán los criterios establecidos en la Guía para la presentación de Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo emitida por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, los cuales se presentan en la Tabla V.3.1-1.

*Tabla V.3.1-1. Criterios para determinación de las zonas de riesgo y amortiguamiento.*

Escenarios	Zona de Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Toxicidad (concentración)	IDLH	TLV <sub>8</sub>
Inflamabilidad (radiación térmica)	5 KW/m <sup>2</sup>	1.4 KW/m <sup>2</sup>
Explosividad (sobrepresión)	0.070 kg/cm <sup>2</sup> (1 psig)	0.035 kg/cm <sup>2</sup> (0.5 psig)

*Fuente: Guía para la presentación de Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo.*

### V.3.1.1. Estimación de Consecuencias

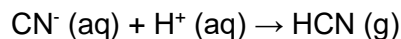
De acuerdo con los resultados obtenidos de la jerarquización de riesgo y la identificación de los eventos, se procede a estimar las consecuencias sobre los puntos vulnerables en el entorno del escenario del accidente, considerando especialmente los daños a las personas, instalaciones y medio ambiente. De acuerdo con los niveles de toxicidad, radiación y sobrepresión que se pudieran generar, a continuación se describen los efectos que se tendrán en caso de contingencia.

#### a.1) Exposición al cianuro y ácido cianhídrico.

Las disoluciones acuosas de cianuros se descomponen lentamente en el agua; si el medio es ácido se libera cianuro de hidrógeno (HCN). El ácido cianhídrico o cianuro de hidrógeno es un gas incoloro, inflamable, un ácido muy débil, venenoso, de baja viscosidad y con un olor característico a almendras amargas. Tanto el cianuro de hidrógeno, como los cianuros sólidos o en disolución son tóxicos por absorción por la piel, ingestión e inhalación.

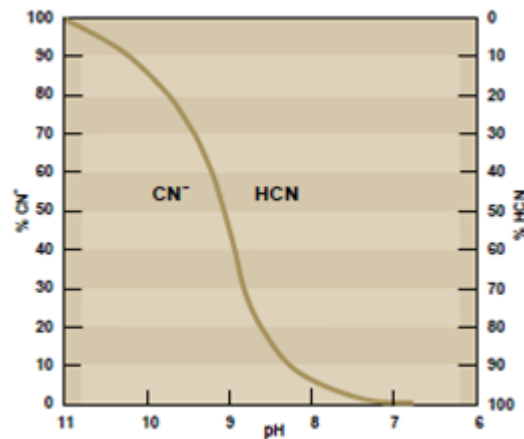
El HCN, cianuro de hidrógeno o ácido cianhídrico se forma al disolver la sal con agua en medio ácido.

Las briquetas sólidas de cianuro se disolverán en agua para formar un ion de cianuro (CN<sup>-</sup>). En una solución ácida donde abundan los aniones de hidrógeno (H<sup>+</sup>) el cianuro libre estará presente en forma de HCN. La fórmula que representaría esta reacción sería así:



Si el pH de la solución es 8 o menos, habrá una gran cantidad de iones de hidrógeno para formar ácido cianhídrico. Si el pH es mayor a 10.5, hay pocos iones de hidrógeno y por tanto el cianuro libre está en forma de ión cianuro CN<sup>-</sup>. En la planta se deberá asegurar que el pH sea de al menos 10.5 (alta alcalinidad) para evitar la volatilización con la finalidad de mantener el cianuro suficiente para aprovechar el oro.

Bajo condiciones normales y a una pH de 9.4 de la solución el valor de la constante de disociación y las concentraciones de HCN y CN<sup>-</sup> son iguales.



Fuente: Scott, J. S. y J. C. Ingles, 1981.

Figura V.3.1-1 Gráfica de conversión de CN⁻ a HCN

Como se puede observar en la gráfica anterior, a un pH de 11, todo el cianuro permanece en solución como ión CN⁻. A un pH de 7 el cianuro estará en forma de cianuro de hidrógeno gaseoso. La forma más tóxica del cianuro es el HCN gaseoso. El HCN gaseoso es más ligero que el aire (27 uma), por lo que al estar libre en el ambiente se dispersará rápidamente.

Algunas propiedades físicas y termodinámicas del cianuro de sodio (NaCN):

Composición: 24.5%, N: 28.58% y Na: 46.92%  
Peso molecular: 49.02 g/mol  
Punto de ebullición: 1 496°C  
Punto de fusión: 562°C  
Solubilidad en agua: miscible  
Presión de vapor: 0.1013 kPa (800 °C), 41.8 kPa (1360 °C)  
pH (solución acuosa al 1%): 11.3 – 11.7  
Calor de fusión: 179 J/g  
Calor de vaporización: 3 041 J/g  
Constante de hidrólisis:  $2|051 \times 10^{-05}$  @ 25°C  
Límite NIOSH REL: 5 mg/m³ (4.7 ppm) 10 minutos  
Límite OSHA PEL: 5 mg/m³ (4.7 ppm)

Algunas propiedades del ácido cianhídrico (HCN):

Composición: 44.44%; H: 3.73% y N: 51.83%  
Peso molecular: 27.03 g/mol  
Punto de ebullición: 25.7°C  
Punto de fusión: -13.24°C  
Punto de inflamación en copa cerrada: -17.8°C  
Densidad (agua a 4°C): 0.715 (0°C), 0.7017 (10°C) y 0.6884 (20°C)  
Presión de vapor (kPa): 6.697 (-29.5°C), 35.24 (0°C) y 107.6 (27.2°C)  
Densidad relativa de vapor (@31°C): 0.947  
Solubilidad en agua: miscible con agua, etanol y ligeramente con éter  
Límites de explosividad: 6 - 41% en volumen  
Niveles de toxicidad: LDLo (oral en humanos): 2.857 mg/Kg; CPT: 5 mg/m³ (como CN⁻ por absorción por piel); TLV TWA: 5 mg/m³ (como CN⁻).

El cianuro entra al medio ambiente tanto por procesos naturales debido a que es un compuesto formado por dos de los elementos más abundantes en el universo, carbono y nitrógeno, como a partir de actividades industriales.

El cianuro no es persistente ya que se transforma en otras sustancias químicas menos tóxicas mediante procesos físicos, químicos y biológicos naturales. Dado que el cianuro se oxida cuando es expuesto al aire o a otros oxidantes, se descompone y no persiste. Aunque es un veneno mortal cuando es ingerido en una dosis suficientemente elevada, no causa problemas crónicos en la salud o en el ambiente cuando está presente en concentraciones bajas.

El cianuro es un veneno de acción rápida capaz de matar a una persona en cuestión de minutos si está expuesta a una dosis suficientemente elevada. Los seres humanos pueden estar expuestos al cianuro mediante inhalación, ingestión o absorción a través de la piel. El cianuro impide a las células utilizar el oxígeno, lo cual causa hipoxia de los tejidos y "cianosis" (decoloración azulada de la piel). El sistema respiratorio deja de nutrir a las células con oxígeno, un estado que, si no se trata, causa respiración rápida y profunda seguida por convulsiones, pérdida del conocimiento y asfixia. El antídoto más común es el nitrito de amilo, que puede administrarse en forma oral o por inyección. Aunque hay muchas fuentes diarias de exposición al cianuro (escapes de los automóviles, humo de tabaco, incendios), el cianuro no se acumula en los tejidos porque el cuerpo transforma esas pequeñas cantidades en un compuesto menos tóxico llamado tiocianato, que luego se excreta. No es conocido que el cianuro cause cáncer o defectos congénitos o que pueda afectar adversamente la reproducción.

La forma más tóxica del cianuro es el HCN gaseoso. La Conferencia Norteamericana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) establece el límite de umbral tope de HCN en 4.7 ppm. En concentraciones de 20 a 40 ppm de HCN en el aire, se puede observar cierto malestar respiratorio después de varias horas. La muerte ocurre en pocos minutos con concentraciones de HCN por encima de aproximadamente 250 ppm en el aire.

Para el cianuro libre, la dosis letal en humanos por ingestión o inhalación varía entre 50 y 200 mg (1 a 3 mg de cianuro libre por kg. de masa corporal). La dosis letal por absorción dérmica es considerablemente mayor, alrededor de 100 mg por kg. de peso corporal.

Además del hombre, los receptores ecológicos o ambientales pueden verse dañados por los efectos del cianuro, entre los más importantes están: los mamíferos, los reptiles, los anfibios; las aves (especialmente las aves silvestres migratorias); y los peces y otros integrantes de la vida acuática. Los mamíferos terrestres son afectados de manera limitada, debido principalmente a que las operaciones mineras se encuentran debidamente aisladas. Existen pocos informes sobre impactos adversos importantes sobre los animales causados por el cianuro en instalaciones mineras. El cianuro de sodio y las soluciones que contienen cianuro se manejan en áreas restringidas de los emplazamientos mineros. El acceso de los animales que caminan o se arrastran está limitado por paredes, plataformas de hormigón, bermas y vallas, y al mismo tiempo, la presencia de personas alrededor de las instalaciones mineras también disuade a los animales de acercarse. Los diseños de contención estándar y un buen control de ingeniería han mitigado eficazmente los riesgos para los mamíferos, los reptiles y los anfibios. Un grupo de animales que comúnmente pueden ser afectados por este compuesto químico son las aves que llegan a las piletas con altas concentración de cianuro, sin embargo, este problema ambiental se ha evitado en el presente proyecto, mediante la preparación de las soluciones cianuradas en recipientes cerrados. El componente más vulnerable del ecosistema por exposición al cianuro lo constituye la vida acuática. Los organismos acuáticos son los más sensibles a los efectos tóxicos de este reactivo.

El cianuro es extremadamente tóxico para las plantas y los animales cuando al igual que cualquier otra sustancia tóxica (v.g. cloro, gasolina, etc) es ingerido en cantidades suficientes altas. La absorción del cianuro en las plantas puede impactar su capacidad para realizar la fotosíntesis así como a su capacidad reproductiva. En cuanto a los animales, el cianuro puede ser adsorbido a través de la piel, ingerido o inhalado.

Concentraciones en aire de 200 ppm de cianuro de hidrógeno son letales para los animales, mientras que concentraciones tan bajas como 0.1 miligramos por litro (mg/l) son letales para especies acuáticas sensibles. Concentraciones subletales también afectan los sistemas reproductivos, tanto de los animales como de las plantas.

Los efectos a la salud a las distintas concentraciones de cianuro, se presentan en la Tabla V.3.1.1-1.

*Tabla V.3.1.1-1 Efectos a la salud por exposición con cianuro*

Concentración de NaCN (ppm)	Descripción de los efectos a la salud
150 a 300	Inmediatamente peligrosa para la vida o la salud. Letal al ser humano
100 a 200	La muerte por exposición en 30 a 60 minutos
90 a 100	Dosis letal como ácido cianhídrico
10 a 50	Dolor de cabeza, mareos, inestabilidad

*Fuente: Dangerous Properties of Industrial Materials, Sexta edición -Irving Sax.*

La OSHA establece límites para la cantidad de cianuro que se permite en el ambiente de trabajo. El límite de exposición para el cianuro de hidrógeno (HCN) y para la mayoría de las sales de cianuro es de 10 ppm u 11 miligramos de cianuro por metro cúbico de aire (mg/m<sup>3</sup>) durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales. El NIOSH recomienda límites de exposición para sustancias químicas en el aire del trabajo. El límite para exposición breve para el cianuro de hidrógeno es de 4.7 ppm ó 5 mg/m<sup>3</sup>, promediado durante un período de 15 minutos, y no debe ser excedido en ningún momento durante el día. También hay un límite máximo de 4.7 ppm ó 5 mg/m<sup>3</sup> para exposición durante 10 minutos a la mayoría de las sales de cianuro. El NIOSH también determina los niveles que son de peligro inmediato para la salud y la vida (IDLH) para un trabajador que se expone por más de 1 hora. El IDLH para el cianuro de hidrógeno es de 50 ppm, ó 25 mg/m<sup>3</sup> para la mayoría de las sales de cianuro.

Para la evaluación de consecuencias originadas por la exposición a concentraciones de ácido cianhídrico, se consideran los siguientes niveles de concentración para definir las zonas de riesgo y amortiguamiento:

Zona de alto riesgo (IDLH):	50 ppm
Zona de amortiguamiento (TLV <sub>s</sub> ):	4.7 ppm

Por otro lado, de acuerdo con información bibliográfica y tomando en cuenta que el cianuro de sodio produce vapores tóxicos de ácido cianhídrico cuando entra en contacto con agua, se deben considerar de primera instancia las siguientes distancias para protección de la población reportadas en la Tabla V.3.1.1-2.



*Tabla V.3.1.1-2. Distancias de protección por generación de vapores de HCN*

<b>Distancias recomendadas para la protección de la población</b>					
<b>DERRAMES PEQUEÑOS</b> (De un envase pequeño o una fuga pequeña de un envase grande)			<b>DERRAMES GRANDES</b> (De un envase grande o de muchos envases pequeños)		
Primero aislar en todas las direcciones	Luego, proteja a las personas en la dirección del viento durante:		Primero aislar en todas las direcciones	Luego, proteja a las personas en la dirección del viento durante:	
	DIA	NOCHE		DIA	NOCHE
60m	200m	700m	390m	1,3 Km.	4,9 Km.

a.2) Ácido clorhídrico al 30% w/w (cloruro de hidrógeno).

Los efectos principales del ácido clorhídrico sobre la salud corresponden casi exclusivamente a la irritación del área de contacto. La exposición no implica en general efectos sobre órganos diferentes de aquellos en la superficie de contacto o portal de entrada.

Esta sustancia es altamente soluble en agua. A niveles bajos, sus efectos agudos se resumen a la percepción por el olfato e irritación del tracto respiratorio superior. A mayores concentraciones puede causar irritación conjuntiva, daño en la superficie de la córnea e inflamación transitoria de la epidermis. En exposiciones cortas, induce obstrucción transitoria del tracto respiratorio, que disminuye con la exposición repetida, lo que sugiere adaptación a la circunstancia de exposición. Trabajadores adaptados a la presencia de ácido clorhídrico en el ambiente en forma de gases o vapores pueden trabajar sin perturbación alguna con niveles de hasta de 10 ppm, pero la exposición crónica puede afectar los dientes, resultando en erosión de las superficies dentales en los dientes frontales.

Las mayores fuentes de exposición al ácido clorhídrico en cualquiera de sus formas y que representan alguna significancia para la salud humana se encuentran en la industria. La exposición se puede dar como resultado de malos procedimientos de manejo y fallas técnicas de planta o a través de derrames accidentales. También se generan riesgos potenciales de exposición durante muestreos del proceso, válvulas dañadas, uniones mal selladas y acoples deficientes en bombas.

Los vapores de ácido clorhídrico son más pesados que el aire y pueden causar peligro de asfixia en lugares cerrados, poco ventilados o áreas de nivel bajo.

En forma gaseosa, esta sustancia puede alcanzar concentraciones dañinas en el aire muy rápidamente en el caso de escape del contenedor.

La inhalación de altas concentraciones del gas o vapores del ácido concentrado pueden causar neumonitis y edema pulmonar, dando lugar al Síndrome de Disfunción Reactiva de Vías Respiratorias (RADS por las siglas en ingles), un tipo de asma inducido por la acción de químicos o de agentes irritantes. Los efectos pueden ser retardados y por tanto se requiere observación médica inmediata.

El ácido clorhídrico en cualquiera de sus formas (Gas Anhidro o vapores) es extremadamente irritante para las membranas mucosas de la nariz, garganta y tracto respiratorio. Exposición corta

a niveles de 35 ppm causa irritación de garganta y niveles de 50 a 100 ppm son apenas tolerables por una hora. El mayor impacto es en el tracto respiratorio superior; las exposiciones a mayores concentraciones pueden llevar rápidamente a hinchazón y espasmo de la garganta y, en últimas, a sofocación. Aquellas personas más seriamente expuestas tienen ataques inmediatos de respiración rápida, tonalidad azul en la piel y estrechamiento bronquial. Pacientes que poseen exposición masiva pueden desarrollar acumulación de fluido en los pulmones.

En humanos, la exposición al gas o vapores inmediatamente causa irritación del tracto respiratorio superior dando lugar a tos, quemadura de la garganta y sensación de sofoco; los efectos son usualmente ulceración de la nariz, garganta y laringe; si se inhala profundamente puede ocurrir edema pulmonar. En trabajadores, la exposición a 50 a 100 ppm por 1 hora es apenas tolerable; la exposición de corto tiempo a 35 ppm causa irritación de la garganta y se considera 10 ppm la máxima concentración permitida para exposiciones prolongadas. Altas concentraciones del gas causan irritación de los ojos y puede causar daño visual permanente o prolongado, incluyendo pérdida total de la visión.

No se han reportado efectos mutagénicos, teratogénicos o carcinogénicos en seres humanos por causa del contacto con ácido clorhídrico en cualquiera de sus formas.

Ecotoxicidad. Es mortal en concentraciones superiores a 25 mg/l. El principal efecto en el medio acuático es la alteración del pH, el cual dependerá de la concentración del ácido. Este ácido se caracteriza por disociarse totalmente; por lo tanto puede afectar significativamente las condiciones normales del medio acuático.

Para la evaluación de consecuencias originadas por la exposición a concentraciones de ácido clorhídrico, se consideran los siguientes niveles de concentración para definir las zonas de riesgo y amortiguamiento:

Zona de alto riesgo (IDLH):	50 ppm
Zona de amortiguamiento (TLV <sub>s</sub> ):	5 ppm

Por otro lado, de acuerdo con información bibliográfica y tomando en cuenta que el ácido clorhídrico desprende vapores tóxicos de cloruro de hidrógeno, se deben considerar de primera instancia las siguientes distancias para la protección de la población reportadas en la Tabla V.3.1.1-3.

Tabla V.3.1.1-3. Distancias de protección por dispersión de vapores de cloruro de hidrógeno

Distancias recomendadas para la protección de la población (Contenedor de 1 tonelada)						
Primero aislar en todas las direcciones	Día			Noche		
	Viento leve (<10 km/h)	Viento moderado (10-20 km/h)	Viento fuerte (>20 km/h)	Viento leve (<10 km/h)	Viento moderado (10-20 km/h)	Viento fuerte (>20 km/h)
45 m	500 m	200 m	200 m	1 500 m	300 m	200 m

## b) Incendios.

Los incendios se generan con más frecuencia que las explosiones, aunque las consecuencias medidas en pérdidas de vidas humanas suelen ser menos graves; por consiguiente podría considerarse que los incendios constituyen un menor peligro que las explosiones. No obstante, la radiación térmica procedente de un incendio puede causar efectos adversos. De una manera directa, los sujetos expuestos pueden sufrir quemaduras de diversos grados, con resultados de muerte a partir de ciertos valores de la intensidad de la radiación recibida y del tiempo de exposición. Por otro lado, los efectos térmicos pueden afectar a instalaciones, debilitando sus estructuras y soportes, destruyéndolos total o parcialmente. Otro caso que ocurre con cierta frecuencia es que un incendio en una instalación o estructura determinada, se puede extender a otras que inicialmente no estaban afectadas (efecto dominó), lo que puede llevar consigo consecuencias finales más allá de las que cabría esperar, considerando aisladamente la instalación en la que se origina el accidente.

Durante la exposición del ser humano a la radiación térmica se pueden sufrir diversas quemaduras de distintos grados; las quemaduras de primer grado afectan la epidermis, produciéndose enrojecimiento y algo de dolor. Las quemaduras de segundo grado atraviesan la epidermis y parte de la dermis, produciendo ampollas, de profundidad variable que pueden ser muy dolorosas. En las quemaduras de tercer grado se ve afectada la dermis en toda su profundidad; no suele haber sensación de dolor porque las terminaciones nerviosas que la transmiten han sido destruidas, junto con los vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas, glándulas sebáceas, folículos capilares, etc. Se denominan quemaduras de cuarto grado a aquellas que llegan más allá de la dermis, afectando músculos y huesos.

Los efectos de la radiación térmica son obviamente diferentes para estructuras de distintas naturalezas. La incidencia de la radiación térmica sobre estructuras combustibles puede causar la ignición y combustión de las mismas. Por el contrario, en materiales no combustibles, como, estructuras metálicas, el efecto más peligroso de la incidencia de la radiación es el de disminuir la resistencia del material, con el consiguiente riesgo de colapso de la estructura.

A este respecto, la incidencia directa de la llama es más peligrosa que la radiación térmica sin contacto con la estructura. Cuando se evalúa el daño a edificios y estructuras, es muy importante determinar si ocurre la ignición del material considerado. A este respecto, cabe resaltar que los tratamientos superficiales de los distintos materiales pueden modificar fuertemente sus características de ignición.

En la Tabla V.3.1.1-4 se muestran los niveles de daño por tiempos de exposición a la radiación térmica:

*Tabla V.3.1.1-4 Niveles de daños por exposición a radiación térmica.*

Flujo de Radiación Térmica KW/m <sup>2</sup>	Tiempo máximo de exposición para personas (segundos)	Efectos sobre personas a mayor tiempo de exposición. Otros efectos sobre los materiales y estructuras
1.2	-	Radiación del sol en verano a medio día.
1.4	Infinito	
1.6	-	Umbral de sensación dolorosa
2.1	60	Dolor
4.0	30	Aparición de ampollas en la piel no protegida
4.7	15-20 30	Dolor. Quemaduras de primer grado. Deshidratación de la madera.

Flujo de Radiación Térmica KW/m <sup>2</sup>	Tiempo máximo de exposición para personas (segundos)	Efectos sobre personas a mayor tiempo de exposición. Otros efectos sobre los materiales y estructuras
9.5	6	Descomposición de la madera.
12.6	4	Ignición de la madera. Fusión de los recubrimientos plásticos en cables eléctricos.
23.0	-	Estructuras ligeras, tanques de almacenamiento y otros elementos de equipo ligero y no protegidos pueden fallar.
37.8	-	Pérdida de resistencia del acero no protegido y colapso de estructuras no ligeras.

Para la evaluación de consecuencias originadas por radiación térmica, se consideran los siguientes niveles de radiación para definir las zonas de riesgo y amortiguamiento:

Zona de alto riesgo:	5 KW/m <sup>2</sup>
Zona de amortiguamiento:	1.4 KW/m <sup>2</sup>

c) Explosiones.

A consecuencia de las explosiones, las personas pueden sufrir de forma directa diversos daños que van desde ruptura de tímpano a la muerte por hemorragia pulmonar o por proyección del cuerpo. Los daños indirectos incluyen heridas por fragmentos de cristal y proyectiles, así como muerte provocada por el colapso de edificios y estructuras. Por su parte, los daños estructurales presentan una amplia variación, desde la ruptura de cristales hasta la demolición completa de estructuras, destrucción de instalaciones de proceso y formación de cráteres.

En la Tabla V.3.1.1-5 se muestran los niveles de daño que cabe esperar para distintos valores de sobrepresión.

*Tabla V.3.1.1-5 Niveles de daños por sobrepresión*

Sobrepresión (psi)	Tipo de Daño
0.03	Rotura ocasional de cristales grandes sometidos a tensiones.
0.04	Ruido fuerte. Rotura de cristales por onda sonora.
0.1	Rotura de cristales pequeños sometidos a tensión
0.3	Límite de proyectiles. 95% de probabilidades de no sufrir daños importantes. Daños menores a techos de casas. Rotura del 10% de los cristales.
0.5-1.0	Destrucción de ventanas, con daño a los marcos.
0.7	Daños estructurales menores en las casas.
1.0	Daños reparables a edificios, daños a la fachada; 1% de ruptura del tímpano, y afectación por proyectiles.
1-2	Fallo de paneles y mamparas de madera, aluminio, etc.
2	Colapso parcial de paredes y techos de casas.
2-3	Destrucción de paredes de cemento de 20 a 30 cm. de grosor.
2.4	Umbral (1%) de ruptura de tímpano.
2.5	Destrucción del 50% de la obra de ladrillo en edificaciones.
3-4	Ruptura de tanques de almacenamiento.
5-7	Destrucción prácticamente completa de casas.
7	Vuelcan vagones de tren cargados.
7-8	Rotura de paredes de ladrillo de 20 a 30 cm de grosor.
10	Probable destrucción total de edificios. Máquinas pesadas (3,500 Kg) desplazadas y fuertemente dañadas

Sobrepresión (psi)	Tipo de Daño
12.2	90% de probabilidad de ruptura de tímpano.
14.5	Umbral 1% de probabilidad de muerte por hemorragia pulmonar.
25.5	90% de probabilidad de muerte por hemorragia pulmonar.
280	Formación de cráter

Para la evaluación de consecuencias originadas por explosión, se consideran los siguientes criterios que definen las zonas de riesgo y amortiguamiento:

Zona de alto riesgo	1.0 psi
Zona de amortiguamiento	0.5 psi

### V.3.1.2. Simulación de Eventos de Riesgo

Los eventos accidentales que a continuación se modelan, se refieren a los posibles escenarios que presenten las mayores consecuencias durante la operación del Proyecto:

- Escenario EV-HCN-01.** Generación y emisión de ácido cianhídrico por la baja de pH en la preparación de la solución de cianuro de sodio.
- Escenario EV-HCN-02.** Generación y emisión de ácido cianhídrico por baja de pH en el circuito de solución de cianuro durante la etapa de lixiviación de concentrados.
- Escenario EV-HCl-01.** Derrame de ácido clorhídrico y dispersión de nube tóxica.
- Escenario EV-HNO<sub>3</sub>-01.** Derrame de ácido nítrico y dispersión de nube tóxica.
- Escenario EV-DIE-01.** Derrame de diesel con posterior incendio tipo alberca.
- Escenario EV-EXPL-01.** Explosión confinada de explosivos en el área del tajo.

### V.3.1.3. Criterios para la Simulación de Eventos.

#### V.3.1.3.1. Propiedades de los Materiales Involucrados en los Eventos de Emergencia

Para los escenarios donde se involucra a la solución cianurada y la formación de ácido cianhídrico, de acuerdo con la hoja de datos de seguridad, las características fisicoquímicas generales del cianuro de sodio y ácido cianhídrico, se presentan en la Tabla V.3.1.3.1-1.

Tabla V.3.1.3.1-1 Características fisicoquímicas del cianuro de sodio y ácido cianhídrico

Propiedades fisicoquímicas	Cianuro de Sodio	Ácido Cianhídrico
Composición:	98%	100%
Fórmula:	NaCN	HCN
Estado físico:	Sólido	Gas
Peso molecular:	49.03 g/mol	27.03 g/mol

Propiedades fisicoquímicas	Cianuro de Sodio	Ácido Cianhídrico
Punto de inflamación:	--	--
Punto de ebullición @ 1 atm:	1 530°C	25.7°C
Punto de fusión:	562°C	-13.32°C
Gravedad específica:	1.6	0.947
Presión de vapor:	0.10 kPa @ 800°C	107.6 kPa @ 27.2°C
Apariencia:	Granular o briqueta color blanco	Incoloro, inflamable, ácido muy débil, venenoso, de baja viscosidad y con un olor característico a almendras amargas
Límite inferior de inflamabilidad:	No aplica	6% en volumen
Límite superior de inflamabilidad:	No aplica	41% en volumen
IDLH:	50 ppm	50 ppm
TLV:	4.7 ppm	4.7 ppm

**Fuente:** Hoja de datos de seguridad del cianuro de sodio Dupont y del ácido cianhídrico. Anexo V.1

Para los escenarios de derrame y dispersión de nube tóxica del ácido clorhídrico y ácido nítrico, las propiedades fisicoquímicas de los reactivos químicos se presentan en las Tabla V.3.1.3.1-2 y V.3.1.3.1-3, respectivamente.

**Tabla V.3.1.3.1-2 Características fisicoquímicas del ácido clorhídrico al 30%**

Propiedades fisicoquímicas	Ácido clorhídrico
Composición:	30%
Fórmula:	HCl
Estado físico:	Líquido
Peso molecular:	36.46 gr/mol
Punto de inflamación:	No aplica
Punto de ebullición:	84°C
Punto de fusión:	-26 a -52°C
Densidad de los vapores (aire=1):	1.27
Densidad relativa (agua=1) @20°C	1.15
Presión de vapor @ 20°C	2.13 - 28.3 kPa
Solubilidad (g/100) @ 20°C	Muy soluble
Apariencia:	Líquido incoloro olor ocre
Límite inferior de inflamabilidad:	No disponible
Límite superior de inflamabilidad:	No disponible
IDLH:	50 ppm
TLV:	5 ppm

**Fuente:** Hoja de datos de seguridad del ácido clorhídrico. Anexo V.1.

**Tabla V.3.1.3.1-3 Características fisicoquímicas del ácido nítrico al 65%**

Propiedades fisicoquímicas	Ácido nítrico
Composición:	65%
Fórmula:	HNO <sub>3</sub>
Estado físico:	Líquido
Peso molecular:	63.02 gr/mol
Punto de inflamación:	No aplica

Propiedades fisicoquímicas	Ácido nítrico
Punto de ebullición:	120.4°C
Punto de fusión:	-41.60°C
Densidad de los vapores (aire=1):	2.0
Densidad relativa (agua=1) @20°C	1.51
Presión de vapor @ 20°C	63.10 mm Hg
Solubilidad (g/100) @ 20°C	Muy soluble
Apariencia:	Líquido claro traslúcido ligeramente amarillento, fumante
Límite inferior de inflamabilidad:	No aplica
Límite superior de inflamabilidad:	No aplica
IDLH:	25 ppm
TLV:	2 ppm

*Fuente: Hoja de datos de seguridad del ácido nítrico. Anexo V.1.*

Para el escenario de derrame e incendio de diesel, las características fisicoquímicas del diesel se presentan en la Tabla V.3.1.3.1-4.

*Tabla V.3.1.3.1-4 Características fisicoquímicas del diesel*

Propiedades fisicoquímicas	Diesel	
Composición:	Diesel	100 vol.
	Aromáticos	30 vol. máx.
Fórmula:	No disponible	
Estado físico:	Líquido	
Peso molecular:	≈ 200 gr/mol	
Punto de inflamación:	45°C mín.	
Punto de ebullición:	160°C	
Punto de fusión:	No disponible	
Densidad de los vapores (aire=1):	4	
Densidad relativa (agua=1) @20/4°C	0.815 -0.860	
Presión de vapor @ 20°C	0.1 a 0.6 lb/pulg <sup>2</sup>	
Apariencia:	Líquido amarillo claro con olor característico al petróleo	
Límite inferior de inflamabilidad:	0.7%	
Límite superior de inflamabilidad:	5%	
IDLH:	--	
TLV:	--	

*Fuente: Hoja de datos de seguridad del diesel. Formato GPASI-HDSS No. PR-301/97/PEMEX Refinación. Anexo V.1.*

Finalmente, para el escenario de la explosión no controlada del nitrato de amonio + diesel (ANFO), de acuerdo con la hoja de datos de seguridad las características fisicoquímicas de los materiales involucrados se presentan en la Tabla V.3.1.3.1-5.

**Tabla V.3.1.3.1-5 Características fisicoquímicas del ANFO (nitrato de amonio + diesel)**

Propiedades fisicoquímicas	Nitrato de amonio
Composición:	Nitrato de amonio 93 – 95% Diesel 5 – 7%
Estado físico:	Sólido
Peso molecular:	No hay información
Punto de inflamación:	Diesel 52°C
Temperatura de descomposición:	Diesel mayor a 60°C
Punto de fusión:	No hay información
Presión de vapor a 760 mmHg:	No hay información
Densidad (gr/cc):	0.7 – 0.8
pH:	6 a 7 en solución al 10%
Apariencia:	Pequeños perdigones (prills) blancos
Límite inferior de inflamabilidad:	No aplicable
Límite superior de inflamabilidad:	No aplicable
IDLH:	No aplicable
TLV:	No aplicable

*Fuente: Hoja de datos de seguridad del ANFO.*

### V.3.1.3.2. Condiciones Meteorológicas

Los dos parámetros meteorológicos más importantes son la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica de Pasquill.

La dispersión de material en la atmósfera es función de la estabilidad del aire, la velocidad de los vientos y la rugosidad de la superficie. La estabilidad se define en términos del gradiente vertical de temperatura en la atmósfera, y se describe usando el sistema de categorías desarrollado por Pasquill. Este sistema emplea seis categorías para cubrir condiciones: inestables, neutras y estables, definidas por las letras A - F.

La estabilidad neutra se presenta cuando hay una cobertura total de la nube y se define como categoría D. Las condiciones inestables se presentan cuando el sol está brillando, porque el calentamiento del suelo incrementa la turbulencia convectiva; las condiciones inestables se designan con las letras A a C, A como la condición menos estable. Las condiciones estables se presentan en noches claras y con calmas, cuando el aire cerca del suelo está estratificado y sin turbulencia y se designan por las letras E y F.

**Tabla V.3.1.3.2-1. Clasificación de Pasquill**

Clasificaciones de las estabildades atmosféricas					
Velocidad del viento <sup>a</sup> (m/s)	Día (Insolación Solar)			Noche (Nubosidad <sup>e</sup> )	
	Fuerte <sup>b</sup>	Moderado <sup>c</sup>	Ligero <sup>d</sup>	Nublado	Claro
>2	A	A-B <sup>f</sup>	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

<sup>a</sup> Velocidad del viento a 10 metros sobre el nivel de piso.

<sup>b</sup> Corresponde a un día claro de verano con sol más alto que 60° sobre el horizonte.

<sup>c</sup> Corresponde a un día de verano con nubes escasas, o un día claro con sol de 35-60° sobre el horizonte.

<sup>d</sup> Corresponde a un tarde de otoño, o un día nublado, o un día claro de verano, con el sol de 15 a 30° arriba del horizonte.

<sup>e</sup> Nubosidad es definida como la fracción del cielo cubierta por nubes

<sup>f</sup> Para condiciones A-B, B-C o C-B es el promedio de los valores obtenidos para cada uno.

Nota: A = muy inestable, B = moderadamente inestable, C = ligeramente inestable, D = neutral, E = ligeramente estable, F = estable. A pesar de la velocidad del viento, la clase D debe ser asumida para condiciones nubladas del día o la noche.



En el caso específico de las modelaciones realizadas, se llevan a cabo los cálculos bajo la estabilidad atmosférica: F (estable) a fin de abarcar la velocidad de los vientos dominantes registrados en la zona, y la condición menos favorable para la dispersión de los contaminantes.

De acuerdo con los datos consultados en las cuatro estaciones meteorológicas cercanas al sitio del proyecto (Huamantla, Malinche, Perote y Teziutlán), se tienen las siguientes condiciones promedio:

*Tabla V.3.1.3.2-2. Condiciones meteorológicas en el sitio del proyecto*

Estación meteorológica	Dirección vientos (grados)	Velocidad promedio (m/s)	Temperatura promedio máxima (°C)	Humedad relativa (%)
Huamantla	174.66	2.26	30	100
Malinche	153.55	0.975	25.7	99.8
Perote	133.19	2.97	27.6	100
Teziutlán	168.68	1.23	31.7	100

Para la zona en cuestión se presentan los siguientes valores promedios, los cuales serán empleados en el modelo:

- Temperatura máxima: 28°C
- Humedad relativa: >75%
- Velocidad del viento: 1.85 m/s
- Dirección de los vientos dominantes: 157.52° (SES)

#### V.3.1.3.3. Tamaños de Fuga/Ruptura

Los diámetros equivalentes del orificio de fuga originados por corrosión interna/ externa, fuga en bridas, uniones y conexiones, etc., pueden variar desde 3.175 mm (0.125"), 12.7 mm (0.5") hasta 25.4 mm (1.0"), y en algunos casos se analiza hasta el 20% del diámetro de la tubería. Para la evaluación de escenarios en el presente estudio, los casos críticos se realizarán con este último criterio a fin de contemplar un mayor margen de seguridad; además de atender el criterio establecido en la Guía para la presentación de Estudios de Riesgo modalidad Análisis de Riesgos.

Para el caso catastrófico, la simulación se realizará analizando la ruptura total de la tubería (100%).

#### V.3.1.3.4. Tiempos de Respuesta (Duración de la Fuga)

Para definir la duración de las fugas de tuberías y equipos, se tiene como referencia los valores establecido en el Purple Book de TNO, pág 4.5, estos son:

- 2 minutos para sistemas de detecciones y cortes totalmente automáticos.
- 10-15 minutos, para sistemas remotos donde se detecta el fallo automáticamente en sala de control y el operador actúa mediante botonera.
- 30 minutos para los sistemas donde la detección es automática pero son operados manualmente.

*Para los distintos eventos a modelar:*

- Para la dispersión de ácido cianhídrico en las áreas de preparación de la solución cianurada

se estima de 3 a 5 minutos considerando el tiempo de demora en el cual el sistema de detección alerta la presencia del gas y se lleva a cabo la acción correctiva.

- Para el caso de la dispersión de ácido cianhídrico en el circuito de lixiviación, se estima un tiempo de respuesta 15 minutos, en el cual el equipo de detección alerta la presencia del gas y se llevan a cabo acciones de control.
- Para el resto de los eventos propuestos donde interviene el ácido clorhídrico, ácido nítrico y el diesel se considera un tiempo de respuesta de 10 a 15 minutos.

Adicionalmente, se considerarán los siguientes criterios:

- Para fugas a través de orificios se considera que el flujo es a través de un orificio de forma regular.
- Las características físicas y químicas del fluido permanecen constantes respecto al tiempo.

Con base a los criterios descritos en los apartados anteriores, las bases de cálculo y resultados de los escenarios de riesgo modelados quedan definidos como se muestra en las siguientes tablas.

**Escenario EV-HCN-01. Formación de ácido cianhídrico por el posible descenso del pH de la solución de cianuro durante su preparación.**

A continuación se presentan las bases de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-HCN-01:

*Tabla V.3.1.3.4-1 Base de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-HCN-01*

<b>Escenario EV-HCN-01. Ácido cianhídrico. Preparación solución cianurada</b>	
Descripción:	Se eligió el remoto caso de que el tanque de preparación de solución de cianuro de sodio con capacidad de 6.29 m <sup>3</sup> a una concentración del 20% presente la formación de ácido cianhídrico por el posible descenso del pH de la solución de cianuro. Bajo esta condición se estima la formación del ácido cianhídrico en un porcentaje del 12 – 15%.
Ubicación:	Área de preparación de solución cianurada.
Causas:	Baja de pH en la solución cianurada durante la etapa de preparación por las causas descritas en el Análisis HAZOP.
<b>Condiciones de operación:</b>	
Material involucrado:	Ácido cianhídrico (HCN)
Presión de operación:	Presión atmosférica
Temperatura de operación:	25°C
<b>Condiciones atmosféricas:</b>	
Temperatura ambiente (máxima):	28°C
Presión atmosférica mmHg (psi):	749 mm Hg (14.48 psi)
Velocidad del viento:	1.8 m/s
Clase de estabilidad atmosférica:	C y D
Dirección de viento dominante:	NW - SE
Humedad relativa:	>70%
<b>Condiciones de evento:</b>	
Concentración de la solución cianurada:	20% en peso
Volumen del tanque de preparación de solución de NaCN	6.29 m <sup>3</sup>
Cantidad de cianuro de sodio involucrado en el tanque de 6.29 m <sup>3</sup> :	1 258 kg de NaCN

<b>Escenario EV-HCN-01. Ácido cianhídrico. Preparación solución cianurada</b>			
Reacción de cianuro de sodio + agua en un ambiente ácido por lo que se genera ácido cianhídrico: Se considera la reacción total del NaCN involucrado y la formación total en HCN. Situación remotamente posible.		$\text{NaCN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCN}^\uparrow + \text{NaOH}$ $49.03 \text{ g/mol} \quad 27.03 \text{ g/mol}$ Para 1 258 kg de NaCN, estequiométricamente se tiene una formación de 693.95 kg de ácido cianhídrico, del cual solamente el 12 – 15% se transformará en HCN (de acuerdo a gráfica), es decir, 83.27 kg de HCN, equivalentes a 76.11 m <sup>3</sup> a condiciones de presión y temperatura ambiente.	
Altura del punto de emisión:		1.5 metros	
<b>Resultados</b>			
<b>Dispersión de la nube tóxica</b>			
<b>Concentración</b>	<b>Zona</b>	<b>Distancia C (1.8 m/s)</b>	<b>Distancia D (1.8 m/s)</b>
IDLH = 50 ppm	Riesgo	<b>229 m</b>	341 m
TLV <sub>8</sub> = 4.7 ppm	Amortiguamiento	<b>778 m</b>	1 400 m

Las memorias de cálculo del Escenario No. EV-HCN-01 se muestran en el **Anexo V.3**.

En la Figura V.3.1.3.4-1 se presentan las zonas de riesgo y amortiguamiento por presencia del Escenario EV-HCN-01.

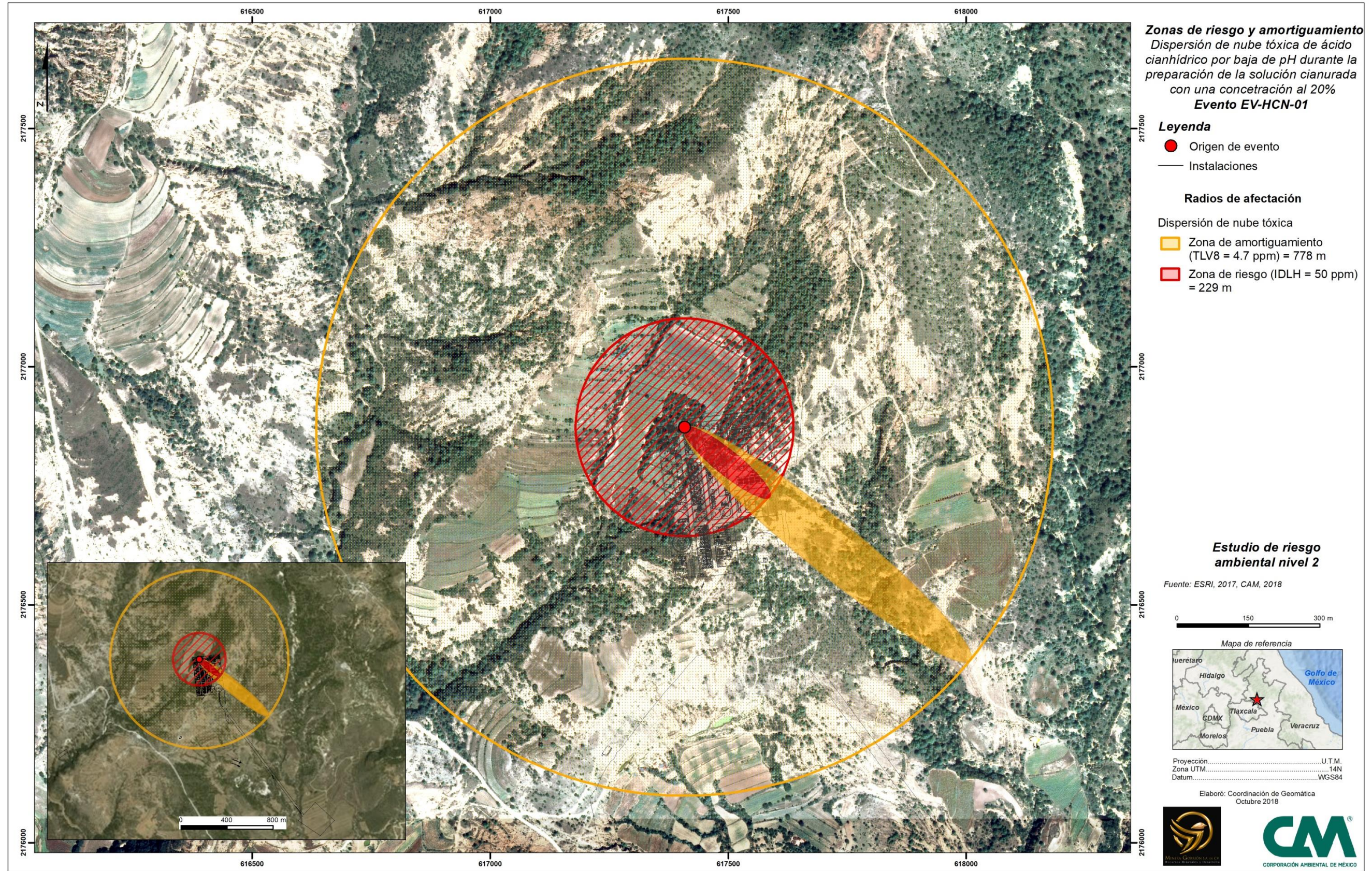


Figura V.3.1.3.4-1 Zonas de riesgo y amortiguamiento por dispersión de ácido cianhídrico en área preparación de solución cianurada. Escenario EV-HCN-01

**Escenario EV-HCN-02. Formación de ácido cianhídrico por baja de pH en la solución cianurada dosificada durante la lixiviación.**

A continuación se presentan las bases de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-HCN-02:

*Tabla V.3.1.3.4-2 Base de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-HCN-02*

<b>Escenario EV-HCN-02. Ácido cianhídrico. Dosificación de solución de cianuro en etapa lixiviación</b>			
Descripción:	De acuerdo con el balance de materia (sección V.1.7.1), se alimentará un flujo de 16.32 m <sup>3</sup> /día de solución de cianuro de sodio a una concentración del 20% en la lixiviación intensiva y la lixiviación por agitación carbón en pulpa. Se plantea la formación de ácido cianhídrico por la baja del pH en solución cianurada en el mineral a lixiviar. Bajo esta condición se considera que se involucran 3 264 kg de NaCN/día de los cuales estequiométricamente se transformarían 4 245 kg de HCN; sin embargo, no todo el cianuro de sodio se convertirá en ácido cianhídrico, el porcentaje de formación estimado sería del 12-15%, y el tiempo de dosificación se valora en aproximadamente 15 min.		
Ubicación:	Sección de lixiviación intensiva y de agitación en carbón en pulpa.		
Causas:	Baja de pH en la solución dosificada/ mineral en los tanques de lixiviación intensiva y agitación en carbón en pulpa, por las causas descritas en el HAZOP.		
<b>Condiciones de operación:</b>			
Material involucrado:	Ácido cianhídrico (HCN)		
Presión de operación:	Presión atmosférica		
Temperatura de operación:	25°C		
<b>Condiciones atmosféricas:</b>			
Temperatura ambiente:	28°C		
Presión atmosférica mmHg (psi):	749 mm Hg (14.48 psi)		
Clase de estabilidad atmosférica:	C (1.8 m/s)	D (1.8 m/s)	
Dirección de viento dominante:	NW - SE		
Humedad relativa:	>70%		
<b>Condiciones de evento:</b>			
Flujo de dosificación de solución lixivante:	16.32 m <sup>3</sup> /día (11.33 L/min)		
Tiempo de dosificación de solución de cianuro de sodio hasta detección del HCN y ejecución de acciones de control:	15 minutos		
Volumen de solución lixivante involucrada:	169.99 Litros		
Concentración de la solución lixivante:	20 g/L (20%)		
Cantidad de cianuro de sodio involucrado:	34 Kg de NaCN		
Reacción de cianuro de sodio + agua en un ambiente ácido por lo que se genera ácido cianhídrico: Se considera la reacción total del NaCN involucrado y la formación total en HCN. Situación remotamente posible.	$\text{NaCN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCN}^{\uparrow} + \text{NaOH}$ 49.03 g/mol      27.03 g/mol Para 34 kg de NaCN se formarán 18.74 kg de HCN; de los cuales únicamente el 12-15% se dispersará al medio ambiente (2.811 Kg de HCN) equivalentes a 2.56 m <sup>3</sup> a condiciones de presión y temperatura ambiente.		
Condiciones del área de irrigación de solución lixivante donde se hidrolizará el NaCN en ambiente ácido:	Área abierta		
Altura del punto de emisión:	3 metros		
<b>Resultados</b>			
<b>Dispersión de la nube tóxica</b>			
<b>Zona de afectación</b>	<b>Concentración</b>	<b>Distancia C (1.8 m/s)</b>	<b>Distancia D (1.8 m/s)</b>
Riesgo	IDLH = 50 ppm	<b>28 metros</b>	38 metros
Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> = 4.7 ppm	<b>110 metros</b>	156 metros

Las memorias de cálculo del Escenario No. EV-HCN-02 se muestran en el **Anexo V.3**.

En la Figura V.3.1.3.4-2 se presentan las zonas de riesgo y amortiguamiento por presencia del Escenario EV-HCN-02.

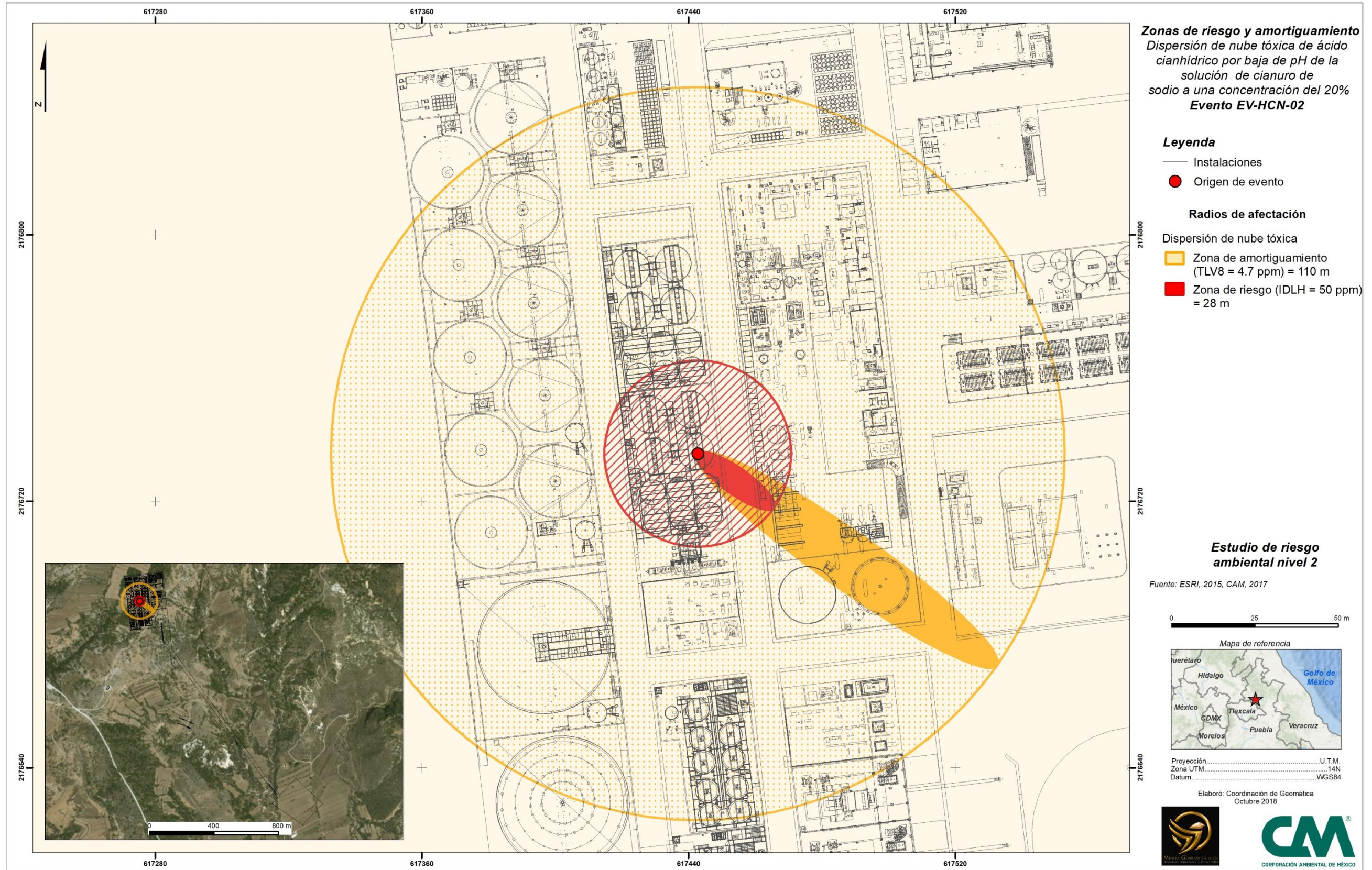


Figura V.3.1.3.4-2 Zonas de riesgo y amortiguamiento por dispersión de ácido cianhídrico en los tanques de lixiviación. Escenario EV-HCN-02

## Escenario EV- HCI-01. Dispersión nube tóxica de ácido clorhídrico.

A continuación se presentan las bases de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV- HCI-01:

*Tabla V.3.1.3.4-3 Base de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-HCI-01*

<b>Escenario EV-HCI-01. Dispersión nube tóxica de ácido clorhídrico</b>	
Evento:	Fractura/ fuga en el cubicontenedor de almacenamiento de ácido clorhídrico al 30%
Etapas:	Recepción y almacenamiento de ácido clorhídrico al 30%
Descripción:	Ruptura del cubicontenedor conteniendo ácido clorhídrico por caída accidental o falla del material durante las maniobras de manejo y almacenamiento. La sustancia derramada hará un charco que evaporará formando una nube tóxica, la cual se dispersará en dirección de los vientos dominantes.
<b>Propiedades fisicoquímicas del material:</b>	
Peso molecular (gr/gmol)	36.46
Punto de inflamación (°C)	No aplica
Temperatura ebullición (°C)	84
Presión de vapor (mm Hg)	2.13
Dens. de vapor (aire =1) (g/ml)	1.27
Densidad relativa	1.15
Límites de Inf. (%) Inferior	No disponible
Superior	No disponible
TLV (ppm)	50
IDLH (ppm)	5
<b>Características del recipiente:</b>	
Tipo de recipiente/ contenedor	Recipiente cuadrangular
Material	Plástico
Capacidad nominal (litros)	869.56
Masa contenida (kg)	1 000
P operación	Atm
T operación	Ambiente
<b>Condiciones operativas:</b>	
Presión de operación del fluido en el recipiente	Atmosférica
Temperatura del contenido en el recipiente	25°C
<b>Condiciones atmosféricas:</b>	
Estabilidad atmosférica	C y D
Temperatura ambiente	28°C
Velocidad del viento	1.8 m/s
Dirección vientos dominantes	NW - SE
Humedad relativa:	>70%
<b>Condiciones de la contención:</b>	
Volumen del dique (litros)	8 760
Altura del dique (m)	0.90
Superficie del dique (m <sup>2</sup> )	14.6



<b>Escenario EV-HCI-01. Dispersión nube tóxica de ácido clorhídrico</b>		
<b>Resultados</b>		
<b>Distancia a la concentración de toxicidad</b>		
Área del derrame	17.40 m <sup>2</sup>	
Máx. flujo promedio sostenido emitido:	155 g/min	
Duración de la evaporación:	1 hora (ALOHA limita el valor)	
Total de masa emitida	8.24 kg	
Modelo de dispersión	Gas pesado	
<b>Estabilidad atmosférica</b>	<b>C (1.8 m/s)</b>	<b>D (1.8 m/s)</b>
Distancia de la zona de riesgo (IDLH = 50 ppm)	<b>24 metros</b>	33 metros
Distancia de la zona de amortiguamiento (TLV = 5 ppm)	<b>83 metros</b>	118 metros

En la Figura V.3.1.3.4-3, se muestran las zonas de riesgo y amortiguamiento por presencia del Escenario EV-HCI-01.

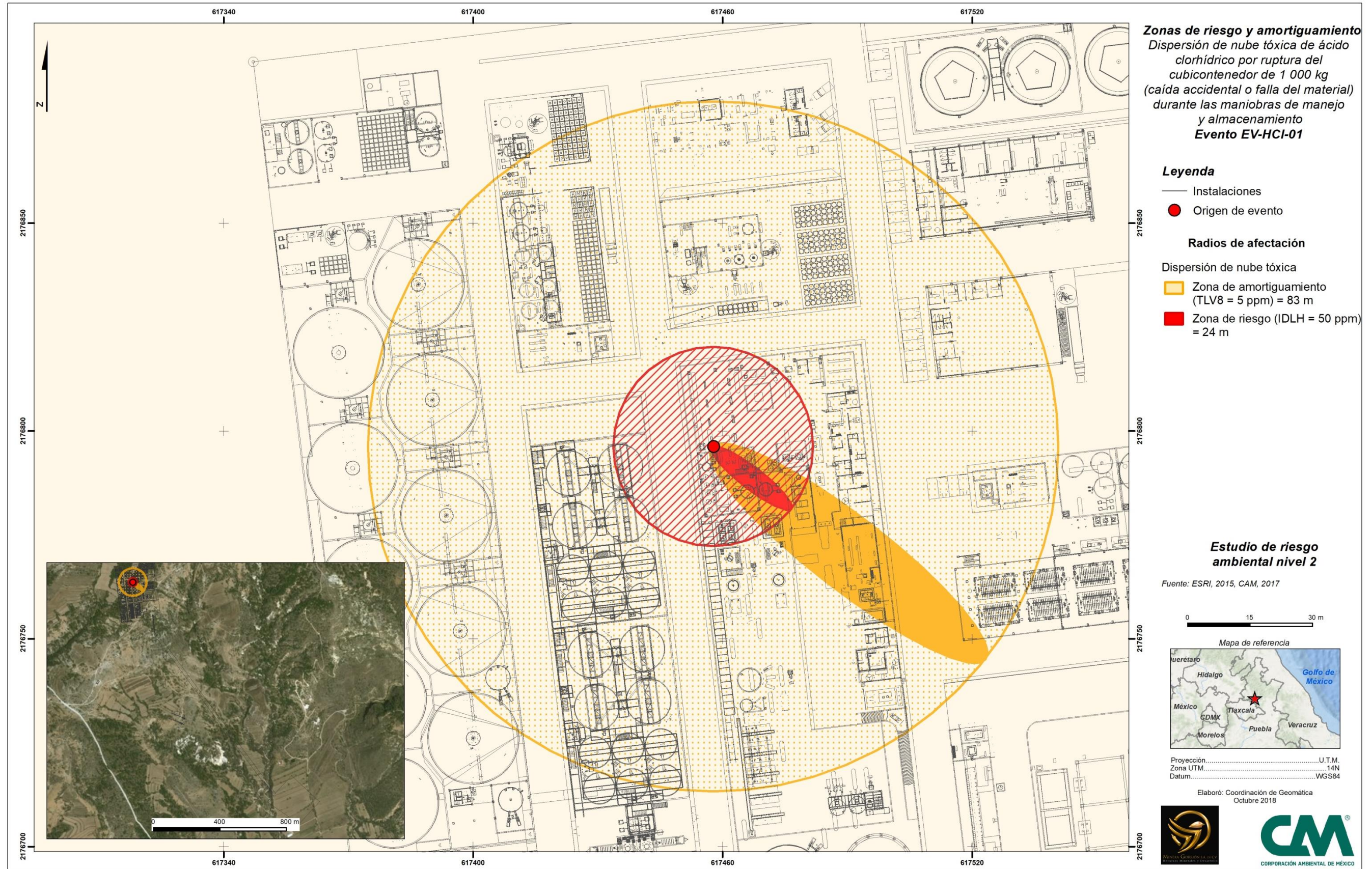


Figura V.3.1.3.4-3 Zonas de riesgo y amortiguamiento por dispersión de ácido clorhídrico. Escenario EV-HCI-01

## Escenario EV- HNO<sub>3</sub>-01. Dispersión nube tóxica de ácido nítrico al 65%.

A continuación se presentan las bases de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV- HNO<sub>3</sub>-01:

*Tabla V.3.1.3.4-4 Base de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-HNO<sub>3</sub>-01*

<b>Escenario EV-HNO<sub>3</sub>-01. Dispersión nube tóxica de ácido nítrico</b>	
Evento:	Fractura/ fuga en conexión de tubería del tanque de almacenamiento de ácido nítrico.
Etapas:	Recepción y almacenamiento de ácido nítrico al 65%
Descripción:	Fuga/ruptura en conexión de tanque de almacenamiento de ácido nítrico. El derrame quedará contenido en el área con contención secundaria. La sustancia derramada hará un charco que evaporará formando una nube tóxica, la cual se dispersará en dirección de los vientos dominantes.
<b>Propiedades fisicoquímicas del material:</b>	
Peso molecular (gr/gmol)	63.02
Punto de inflamación (°C)	No aplica
Temperatura ebullición (°C)	120.4
Presión de vapor (mm Hg) @ 20°C	63.10
Dens. de vapor (aire =1) (g/ml)	2.0
Densidad líquido (g/cm <sup>3</sup> ) @ 25°C	1.51
Límites de Inf. (%) Inferior	No aplica
Superior	No aplica
TLV (ppm)	25
IDLH (ppm)	2
<b>Características del recipiente:</b>	
Tipo de recipiente/ contenedor	Cilindro vertical
Material	Acero al carbón
Capacidad nominal (litros)	78 500
Capacidad operativa (litros)	66 550
Diámetro del tanque (m)	5.0
Altura del tanque (m)	4.0
Masa contenida (kg)	65,270
P operación	Atm
T operación	Ambiente
<b>Condiciones operativas:</b>	
Presión de operación del fluido en el recipiente	Atmosférica
Temperatura del contenido en el recipiente	25°C
<b>Condiciones atmosféricas:</b>	
Estabilidad atmosférica	C y D
Temperatura ambiente	28°C
Velocidad del viento	1.8 m/s
Dirección vientos dominantes	NW - SE
Humedad relativa:	>70%
<b>Condiciones del derrame:</b>	
Orificio de fractura	1.5 pulgadas

<b>Escenario EV-HNO<sub>3</sub>-01. Dispersión nube tóxica de ácido nítrico</b>		
Ubicación de la falla	10% del fondo del recipiente	
<b>Resultados</b>		
<b>Distancia a la concentración de toxicidad</b>		
Diámetro del derrame (m)	10.20	
Máx. flujo promedio sostenido emitido	4.24 Kg/min	
Total de masa emitida	2.77 kg	
Modelo de dispersión	Gaussiano	
<b>Estabilidad atmosférica</b>	<b>C (1.8 m/s)</b>	<b>D (1.8 m/s)</b>
Distancia de la zona de riesgo (IDLH = 25 ppm)	<b>13 metros</b>	18 metros
Distancia de la zona de amortiguamiento (TLV = 2 ppm)	<b>55 metros</b>	77 metros

En la Figura V.3.1.3.4-4, se muestran las zonas de riesgo y amortiguamiento por presencia del Escenario EV-HNO<sub>3</sub>-01.

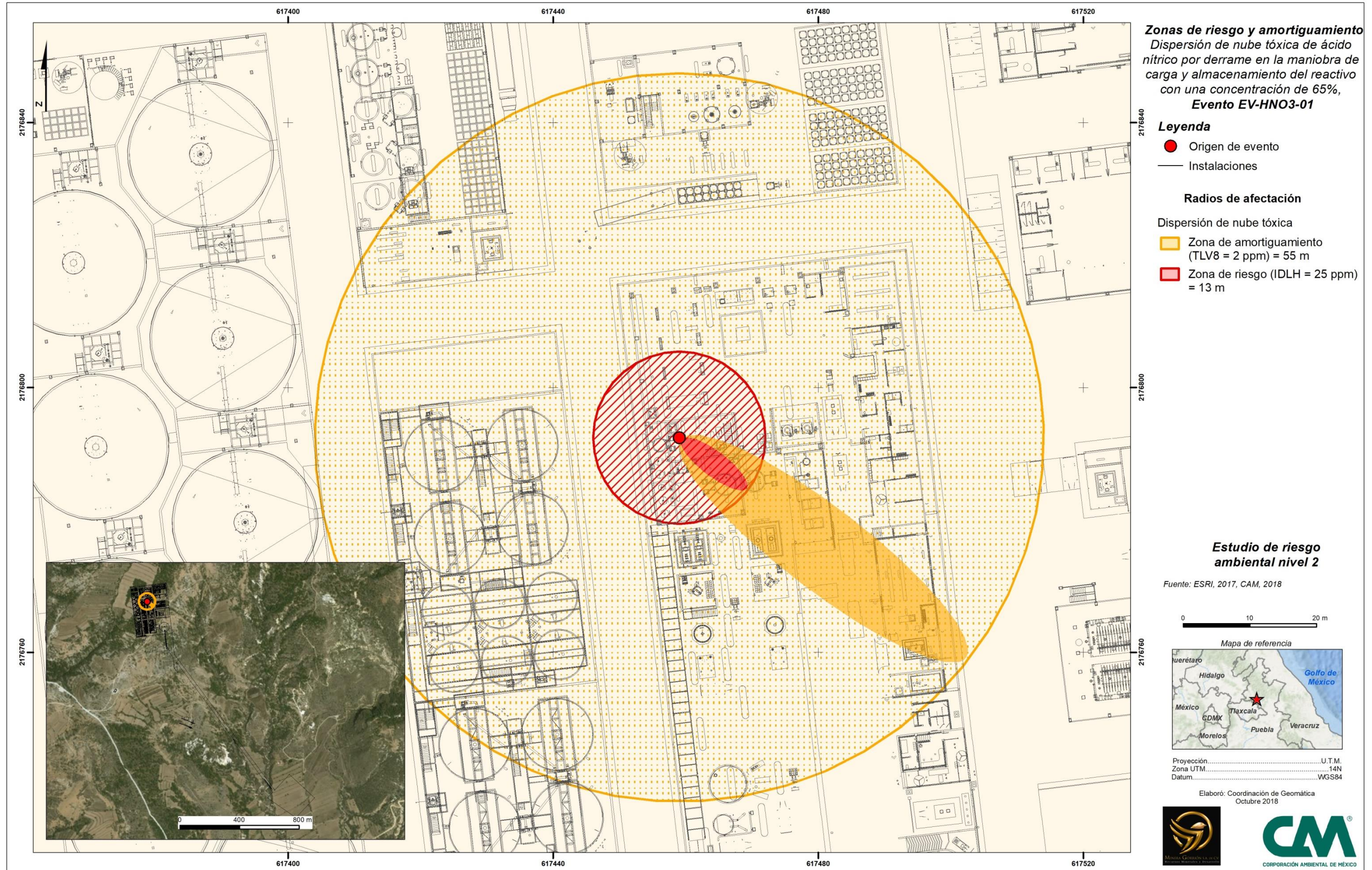


Figura V.3.1.3.4-4 Zonas de riesgo y amortiguamiento por dispersión de ácido nítrico. Escenario EV-HNO<sub>3</sub>-01

## Escenario EV- DIE-01. Incendio en tanque de diesel.

A continuación se presentan las bases de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV- DIE-01:

*Tabla V.3.1.3.4-5 Base de cálculo y resultados de la modelación del Escenario EV-DIE-01*

<b>Escenario EV-DIE-01. Incendio en tanque de diesel</b>	
Descripción:	Derrame de diesel por fuga, el cual se extiende hasta formar un charco y encuentra un punto de ignición suficiente para provocar el inicio del incendio tipo alberca (poolfire).
Ubicación:	Estación de servicio.
Causas:	Fuga en la tubería y/o conexión por corrosión, falla en uniones, juntas, válvula, etc. Ruptura de la línea por falla en soldadura, material o impacto externo.
<b>Condiciones de operación:</b>	
Material involucrado:	Diesel
Presión de operación:	Atmosférica
Temperatura de operación:	Ambiente
Peso molecular:	≈ 200 gr/mol
Densidad relativa (agua=1) @20/4°C:	0.815 -0.840
Punto de inflamación:	45°C mín.
Punto de ebullición:	160°C
Límite inferior de inflamabilidad:	0.7%
Límite superior de inflamabilidad:	5.0%
Calor de combustión:	42 396 kJ/kg
<b>Condiciones atmosféricas:</b>	
Temperatura ambiente:	28°C
Presión atmosférica mmHg/psi:	735 mmHg/14.21 psi
Velocidad del viento m/seg:	1.8 m/s
Dirección de viento dominante:	NW - SE
Humedad relativa:	>70%
<b>Condiciones de evento:</b>	
Volumen nominal del tanque:	400 000 litros
Volumen de operación:	360 000 litros (90%)
Masa de diesel contenido:	293 400 kg
Dimensiones del tanque:	
Díámetro:	7.20 metros
Altura:	9.60 metros
<b>Resultados</b>	
<b>Radiación térmica por incendio tipo alberca (Poolfire)</b>	
<b>Niveles de radiación</b>	<b>Ruptura total</b>
Masa descargada:	293 400 kg
Máxima área de derrame:	196 m <sup>2</sup>
Zona de riesgo (I = 5 kW/m <sup>2</sup> ):	<b>76.39 metros</b>
Zona de amortiguamiento (I = 1.4 kW/m <sup>2</sup> ):	<b>144.36 metros</b>

La afectación que produce una pila de fuego a su entorno es producto del calor que éste emite como radiación térmica. En la “Guía Para la Presentación del Estudio de Riesgo Ambiental, Modalidad Análisis de Riesgo”, publicado por la SEMARNAT, se establece que la zona de alto riesgo para un evento que emite radiación térmica está determinado por la zona afectada por valores iguales o mayores a 5 kW/m<sup>2</sup>, mientras que la zona de amortiguamiento está determinada por los valores mayores o iguales a 1.4 kW/m<sup>2</sup>.

Considerando las limitaciones del software ALOHA® Ver. 5.4.7, el cual solo evalúa escenarios donde se involucran sustancias puras y no multicomponentes como el caso del diesel, se emplea el Anexo D de la “Guía para el Análisis de Consecuencias del Programa de Administración de Riesgo” (Risk Management Program, Guidance For Offsite Consequence Analysis) publicada por la USEPA, en el cual se describe un procedimiento de cálculo para determinar la radiación emitida desde una pila de fuego a partir de ecuaciones presentadas en un documento publicado en 1992 por el “Instituto Americano de Ingenieros Químicos” (AIChE por sus siglas en inglés) de nombre “Guías para la Evaluación de las Características de Explosiones de Nubes de Vapor, Flamazos, y BLEVEs<sup>8</sup>” y en otro documento publicado también en 1992 en Holanda por TNO con el nombre “Métodos para la Determinación del Daño Posible a Gente y Objetos por Resultado de la Liberación de Materiales Peligrosos”. En estos documentos se presenta un modelo para fuentes puntuales que asume que una fracción determinada del calor de combustión es emitida como radiación en todas direcciones.

Con base en lo anterior, la radiación por unidad de área que recibe un receptor a una cierta distancia de una fuente puntual se obtiene mediante la siguiente ecuación, referida como ecuación D-22 en el documento de la USEPA

$$q = \frac{fmH_c\tau_a}{4\pi x^2}$$

Donde:

- $q$  = Radiación por unidad de área que recibe el receptor (W/m<sup>2</sup>)
- $m$  = Tasa de combustión (kg/s)
- $\tau_a$  = Transmisividad atmosférica
- $H_c$  = Calor de combustión (J/kg)
- $f$  = Fracción del calor de combustión irradiado
- $x$  = Distancia entre la fuente puntual y el receptor (m)

La fracción de la energía de combustión disipada como radiación térmica ha sido reportada dentro de un rango de 0.1 a 0.4. La Guía de la USEPA asume que este factor tiene un valor de 0.4 para todas las sustancias inflamables reglamentadas de alto riesgo.

La USEPA también tiene determinado a 5 kW/m<sup>2</sup> como el nivel de radiación de riesgo, con base en reportes que indican que este nivel de radiación causa quemaduras de segundo grado a partir de una exposición de 40 segundos, y se asume que una persona puede escapar de un incendio de esta magnitud en 40 segundos.

La transmisividad atmosférica es asumida en el manual de la USEPA como igual a uno (1). Asimismo indica que para una pila de fuego de una sustancia inflamable con punto de ebullición superior a la temperatura ambiente como es el caso del diesel, la tasa de combustión puede ser estimada mediante la siguiente ecuación empírica referida como ecuación D-23 en el documento de la USEPA:

---

<sup>8</sup> BLEVE – Explosión del Vapor de un Líquido Expandiéndose al Hervir (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)

$$m = \frac{0.0010H_c A}{H_v + C_p(T_b - T_a)}$$

Donde:

- $m$  = Tasa de combustión (kg/s)
- $H_c$  = Calor de combustión (J/kg)
- $H_v$  = Calor de vaporización (J/kg)
- $C_p$  = Capacidad calorífica del líquido (J/kg °K)
- $A$  = Área de la pila de fuego (m<sup>2</sup>)
- $T_b$  = Temperatura de ebullición (K)
- $T_a$  = Temperatura ambiente (K)

Combinando las anteriores dos ecuaciones se obtiene (ecuación D-24 en el documento de la USEPA):

$$x = H_c \sqrt{\frac{0.0001A}{q\pi(H_v + C_p(T_b - T_a))}}$$

Donde:

- $x$  = Distancia entre la fuente puntual y el receptor (m)
- $q$  = Radiación por unidad de área que recibe el receptor (W/m<sup>2</sup>)
- $H_v$  = Calor de vaporización (J/kg)
- $H_c$  = Calor de combustión (J/kg)
- $f$  = Fracción del calor de combustión irradiado = 0.4
- $C_p$  = Capacidad calorífica del líquido (J/kg K)
- $A$  = Área de la pila de fuego (m<sup>2</sup>)
- $T_b$  = Temperatura de ebullición (K)
- $T_a$  = Temperatura ambiente (K)

Para el escenario en cuestión, los valores que deben emplearse en la formula son:

- $q$  = 5 000 W/m<sup>2</sup> (para la zona de alto riesgo)  
= 1 400 W/m<sup>2</sup> (para la zona de amortiguamiento)
- $H_v$  = 152.8 kJ/kg (calor de vaporización del diesel)  
= 152 800 J/kg
- $H_c$  = 42 396 kJ/kg (calor de combustión del diesel)  
= 42 396 000 J/kg
- $f$  = 0.4
- $C_p$  = 1 754 J/kg K (capacidad calorífica del diesel)
- $A$  = Área de la pila de fuego (m<sup>2</sup>)  
= Superficie del área de contención secundaria del tanque  
=  $L_1 \times L_2$   
= 14 m x 14 m  
= 196 m<sup>2</sup>
- $T_b$  = 433 K (Temperatura de ebullición del diesel)
- $T_a$  = 28°C (Temperatura máxima extrema en el área de estudio)  
= 301 K



Sustituyendo:

Para la determinación del radio de la zona de alto riesgo ( $q = 5 \text{ kW/m}^2$ )

$$X_{AR} = 42396000^2 \sqrt{\frac{0.0001 \times 196}{5000 \times \pi(152800 + 1754(433 - 301))}}$$

Para la determinación del radio de la zona de amortiguamiento ( $q = 1.4 \text{ kW/m}^2$ )

$$X_{AA} = 42396000^2 \sqrt{\frac{0.0001 \times 196}{1400 \times \pi(152800 + 1754(433 - 306))}}$$

Resultando en:

$$\begin{aligned} X_{AR} &= 76.39 \text{ m} \\ X_{AA} &= 144.36 \text{ m} \end{aligned}$$

El cálculo indica que en caso de presentarse el escenario catastrófico de riesgo ambiental con diesel que consiste en una pila de fuego con el contenido total del tanque de almacenamiento inflamándose en la zona de contención, se producirá una zona de alto riesgo alrededor del tanque de almacenamiento con las siguientes distancias:

*Tabla V.3.1.3.4-6 Resultados de las distancias de afectación por incendio en el área de almacenamiento de diésel*

Zona de afectación (m)	Nivel de radiación térmica	Radios de afectación (m)
Zona de Riesgo	5 kW/m <sup>2</sup>	76.39
Zona de Amortiguamiento	1.4 kW/m <sup>2</sup>	144.36

En la Figura V.3.1.3.4-6 se ilustra gráficamente el resultado de la modelación del evento, mostrando que la zona de afectación quedaría circunscrita dentro del área del proyecto.



Figura V.3.1.3.4-5 Zonas de riesgo y amortiguamiento por derrame e incendio tipo alberca (poolfire) de diesel en el recipiente de la estación de servicio. Escenario EV-DIE-01

## **Escenario EV-EXP-01. Explosión durante la voladura por falta de seguimiento a los procedimientos de seguridad en el manejo de explosivos.**

El uso de explosivos es una actividad sumamente reglamentada que sólo se autoriza cuando se ha demostrado que se cuenta con las capacidades técnicas y que se han desplegado los recursos necesarios, para asegurar que el manejo de los explosivos se realizará con todas las medidas de seguridad aplicables.

En el caso de empresas trasnacionales, las presiones políticas y económicas son aún mayores, lo que les obliga a contar con procedimientos y medidas de seguridad, por encima de la reglamentación. Por estos motivos, es difícil considerar la posibilidad de que en la mina en estudio se presenten las condiciones que harían posible la ocurrencia de un accidente como el que aquí se plantea.

En la investigación de antecedentes se encontró que en el mundo de la minería la ocurrencia de accidentes con explosivos es considerable, y aunque se sabe que en algunos países las medidas de seguridad son relajadas o casi inexistentes, la gran mayoría de los eventos accidentales han ocurrido donde se realizan operaciones clandestinas o artesanales, es de llamar a la atención el que aún en países desarrollados e incluso tecnológicamente sofisticados, ocurren accidentes con explosivos, siendo la inmensa mayoría relacionados con la negligencia en el manejo de los mismos.

En el proceso bajo estudio estará presente la condición de riesgo por el manejo de explosivos y por lo tanto podría existir la probabilidad de que ocurra algún evento indeseable; sin embargo es necesario mencionar que la naturaleza del explosivo (ANFO) a utilizar en el proyecto Minero Ixtaca es considerado como un alto explosivo terciario con baja sensibilidad a los golpes, y su detonación requiere ser iniciada con “explosivos primarios” o “cebos”, los cuales por reglamentación no son transportados, almacenados ni manejados conjuntamente. Esta condición minimiza la probabilidad que se presente un escenario no deseable durante el almacenamiento y manejo del explosivo. Dado lo anterior, la explosión de las 82 toneladas de explosivos durante la voladura, representa una condición normal de operación por lo que no debe considerarse como un evento accidental; se plantea el evento a fin de constatar que la onda de sobrepresión contenida y la vibración generada por la explosión, no afectará instalaciones, personal ni población cercana.

No obstante que en la plataforma de voladura los explosivos detonan de forma secuencial con diferencias en microsegundos, por lo que NUNCA ocurre una explosión simultánea, la modelación ha considerado la presencia de una explosión radial totalmente contenida, lo que implica que el material explosivo se encontrará confinado y sellado dentro del barreno a profundidad en el suelo. La forma de calcular la onda de sobrepresión resultado de la detonación de explosivos, es mediante la fórmula (1):

$$P = K \left[ \frac{R}{Q^{0.33}} \right]^{-1.2} \dots\dots (1)$$

Donde:

- P = Presión de la explosión en el aire
- K = Estado de confinamiento
- Q = Carga máxima instantánea
- R = Distancia desde la carga

*Valores del Factor K*

Sin confinar K = 185  
 Totalmente confinada K = 3.3

De acuerdo con la información proporcionada por Minera Gorrión, S.A. de C.V.,  
 Los resultados se muestran en la Tabla V.3.1.3.4-8.

*Tabla V.3.1.3.4-7 Resultados de las distancias de afectación por la detonación de explosivos*

Q (Kg)	Onda de sobrepresión	Zona de afectación	Radios de afectación (m)	
			Confinado	Sin confinar
82 000	ΔP (1 psi = 6.8947 kPa)	Zona de Riesgo	22.65	648.79
	ΔP (0.5 psi = 3.4473 kPa)	Zona de Amortiguamiento	40.34	1 156.03

Por otro lado, cuando un explosivo es detonado, una onda de presión se genera en la roca circundante. Dado que esta onda de presión se mueve en forma ondas sísmicas por el desplazamiento de partículas.

El movimiento de las partículas se mide para determinar la magnitud de la vibración generada por la explosión. La máxima velocidad de vibración se estima a través de la siguiente fórmula (2).

$$V = K \left[ \frac{R}{Q^{0.5}} \right]^B \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

- V = Velocidad máxima de desplazamiento de la partícula (mm/s)
- K = Factor de sitio y roca
- Q = Carga máxima instantánea (kg)
- R = Distancia desde la carga (m)
- B = Constante relacionada con la roca y sitio (usualmente -1.6)

*Valores comunes del Factor K*

Frente libre – Roca dura y altamente estructurada 500  
 Frente libre de roca promedio 1 140  
 Fuertemente confinada 5 000

*Daño esperado*

*PPV (mm/s)*

Límite inferior de daño a muros de yeso 13  
 Límite inferior para daño a muros secos 19  
 Daño menor 70  
 > 50% de probabilidad de daños menores en las estructuras 140  
 50% de probabilidad de daño mayor 190

*Resultados:*

*Tabla V.3.1.3.4-8 Resultados de las distancias de afectación de acuerdo con la magnitud de la vibración*

Q = 82,000 kg	
R (m)	V (mm/s)
4,690.92	13
3,700.42	19
<b>1,637.90</b>	<b>70</b>
1,062.044	140
<b>877.51</b>	<b>190</b>

De acuerdo a los resultados obtenidos la magnitud de la vibración generada durante la explosión en el área de tajo podría originar daños mayores a estructuras localizadas a aproximadamente **877.51 metros** (PPV =190 mm/s) y daños menores a 1 637.90 metros (PPV = 70 mm/s). La planta de beneficio, almacén de explosivos , y poblaciones Santa María Zolotepec y Zacatepec se localizan a una distancia mayor 1 000 metros del área tajo donde se llevarán a cabo las voladuras; a estas distancias se minimizan los riesgos de interacción y las instalaciones y poblaciones se mantienen aisladas de las operaciones de la mina.

En la Figura V.3.1.3.4-6 se presentan los radios de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en el arreglo de la mina, centrándolos en la ubicación proyectada en el tajo. En esta figura se puede observar que en el caso de que llegara a ocurrir el peor escenario de riesgo con explosivos identificado, el área de alto riesgo quedaría situada dentro del predio de la mina, sin rebasar el límite de la propiedad.

Página intencionalmente dejada en blanco.

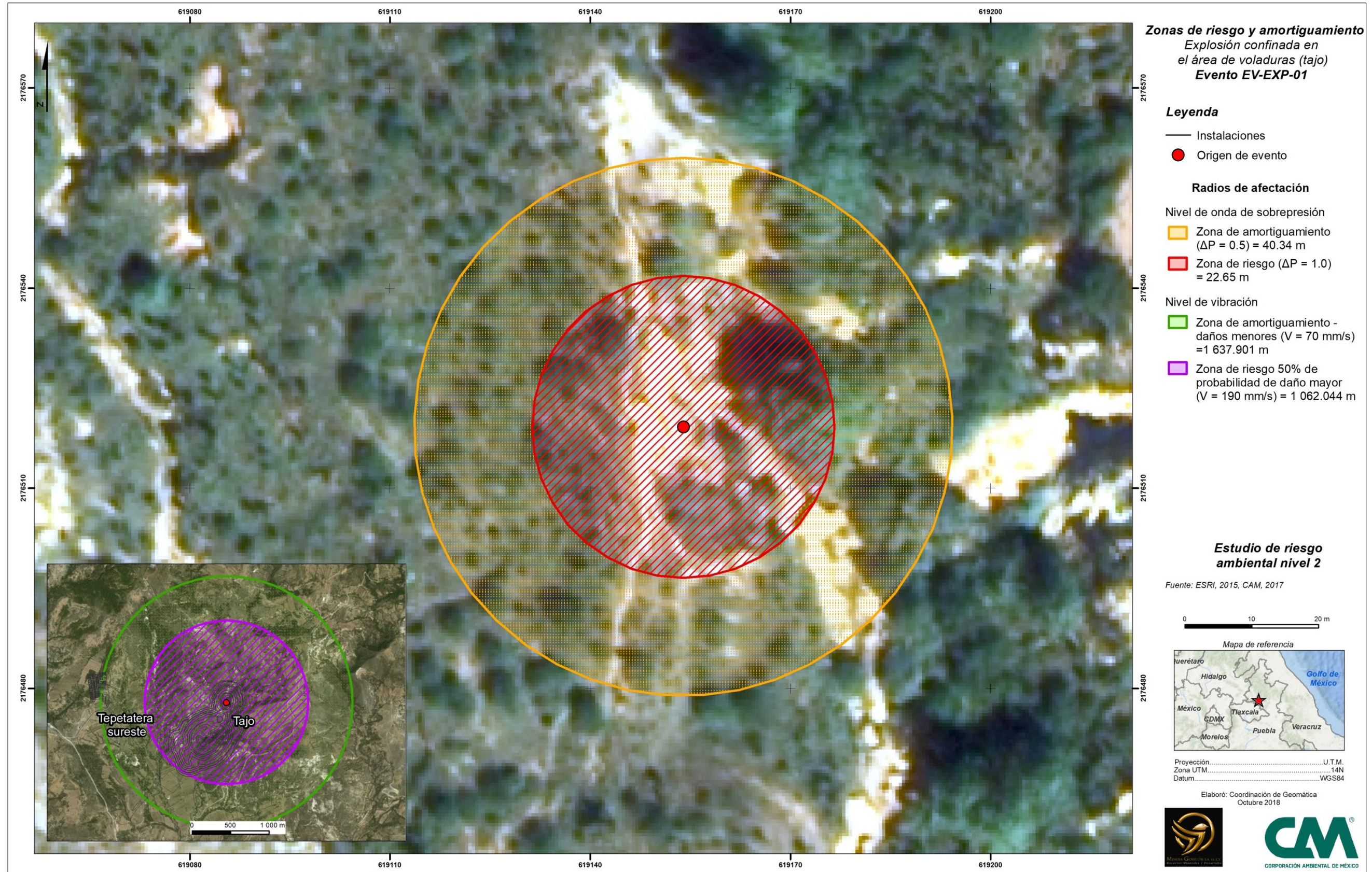


Figura V.3.1.3.4-6. Zonas de riesgo y amortiguamiento por explosión en área de voladura. Escenario EV-EXP-01

En resumen, la siguiente Tabla V.3.1.3.4.-9 muestra los radios de afectación por el uso y manejo de sustancias de potencial riesgo en las instalaciones del Proyecto Minero Ixtaca:

*Tabla V.3.1.3.4-9 Radios de afectación ante eventos potencialmente riesgosos en el proyecto Minero Ixtaca*

<b>Resultados de la Modelación de Escenarios</b>		
<b>Escenario EV-HCN-01:</b> Se genera y emite a la atmósfera ácido cianhídrico por baja de pH durante la preparación de la solución cianurada, la variación de pH es suficiente para degradar aproximadamente del 12 al 15% del cianuro contenido en el tanque de preparación, antes de que el operador se percate de la desviación y realice acciones de control.		
Masa involucrada de NaCN: 1 258 Kg	Masa de HCN emitido a la atmósfera: 83.27 kg (76.11 m <sup>3</sup> )	
<b>Zonas de Afectación por Dispersión de Nube Tóxica</b>		
Distancias de Afectación	Concentración	Distancia (1.8 m/s, C)
Zona de Alto Riesgo	IDLH = 50 ppm	229 metros
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> = 4.7 ppm	778 metros
<b>Escenario EV-HCN-02:</b> Se genera y emite a la atmósfera ácido cianhídrico por baja de pH de la solución de cianuro de sodio a una concentración del 10% dosificada en la lixiviación intensiva y la lixiviación por agitación carbón en pulpa en un tiempo de 15 minutos, antes de que el operador se percate de la desviación y realice acciones de control.		
Masa de NaCN involucrada: 34 kg	Masa emitida a la atmósfera de HCN: 2.811 kg (2.56 m <sup>3</sup> )	
<b>Zonas de Afectación por Dispersión de Nube Tóxica</b>		
Distancias de Afectación	Concentración	Distancia (1.8 m/s, C)
Zona de Alto Riesgo	IDLH = 50 ppm	28 metros
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> = 4.7 ppm	110 metros
<b>Escenario EV-HCl-01:</b> Ruptura del cubocontenedor conteniendo ácido clorhídrico por caída accidental o falla del material durante las maniobras de manejo y almacenamiento. La sustancia derramada hará un charco que evaporará formando una nube tóxica, la cual se dispersará en dirección de los vientos dominantes.		
Masa de HCl involucrada: 300 kg	Masa emitida a la atmósfera de HCl: 8.24 kg	
<b>Zonas de Afectación por Dispersión de Nube Tóxica</b>		
Distancias de Afectación	Concentración	Distancia (1.8 m/s, C)
Zona de Alto Riesgo	IDLH = 50 ppm	24 metros
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> = 5 ppm	83 metros
<b>Escenario EV-HNO<sub>3</sub>-01:</b> Fuga/ruptura en conexión de tanque de almacenamiento de ácido nítrico. El derrame quedará contenido en el área con contención secundaria. La sustancia derramada hará un charco que evaporará formando una nube tóxica, la cual se dispersará en dirección de los vientos dominantes.		
Masa de HNO <sub>3</sub> involucrada: 242 Kg	Masa emitida a la atmósfera de HNO <sub>3</sub> : 2.77 Kg	
<b>Zonas de Afectación por Dispersión de Nube Tóxica</b>		
Distancias de Afectación	Concentración	Distancia (1.8 m/s, C)



Resultados de la Modelación de Escenarios		
Zona de Alto Riesgo	IDLH = 25 ppm	13 metros
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> = 2 ppm	51 metros
<b>Escenario EV-DIE-01:</b> Derrame de diesel por fuga, el cual se extiende hasta formar un charco y encuentra un punto de ignición suficiente para provocar un incendio tipo alberca (poolfire).		
Resultados		
Ruptura total (100%)		
Masa descargada:	293 400 kg	
Máxima área de derrame:	196 m <sup>2</sup>	
<b>Zonas de afectación por radiación térmica (incendio tipo poolfire)</b>		
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m <sup>2</sup> ):	76.39 m	
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m <sup>2</sup> ):	144.36 m	
<b>Escenario EV-EXP-01:</b> Explosión confinada en el área de voladuras (tajo).		
Masa de explosivo (alto explosivo, diesel, detonantes, etc) involucrado durante una voladura:		
		82 toneladas
<b>Zonas de afectación por sobrepresión y vibración</b>		
	Onda de sobrepresión $\Delta P$ (kPa)	Vibración V (mm/s)
Zona de Alto Riesgo	$\Delta P$ (1 psi = 6.8947 kPa) = 22.65 m	50% de probabilidad de daño mayor = 877.51 m
Zona de Amortiguamiento	$\Delta P$ (0.5 psi = 3.4473 kPa) = 40.34 m	Daños menores = 1 637.90 m

#### V.3.1.4. Interacciones de Riesgo

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la modelación de escenarios, se tiene:

En el caso del **Escenario No. EV-HCN-01**, se propone la presencia de una nube tóxica de ácido cianhídrico generada por la baja de pH en la preparación de la solución cianurada; la nube se dispersa en la atmósfera presentando los siguientes radios de afectación:

1. **Zona de riesgo:** con una distancia de 229 metros, la concentración alcanzada (hasta 50 ppm) podría causar daños al personal operativo localizado en el área del evento, una vez liberada la nube de ácido cianhídrico, y siendo ésta más ligera que el aire, tenderá a elevarse en dirección de los vientos dominantes provenientes del NO dirigiéndose hacia las áreas de Precipitado y Fundición, Desorción, Regeneración de Carbón cubriendo la totalidad de la Subestación Principal. La distancia de afectación no rebasará el límite de la Planta de Beneficio.
2. **Zona de amortiguamiento:** con un radio de afectación de 778 metros, a partir de esta distancia los niveles de concentración del ácido cianhídrico son tolerables en jornadas de 8 horas laborables, por lo que se considera como zona de amortiguamiento, dentro de la misma y conforme se aproxima al punto origen del evento se prevén daños al personal operativo. Si bien la zona de amortiguamiento abarcará la totalidad de la Planta de Beneficio rebasando los límites de la misma por los cuatro puntos cardinales, la nube se desplazará en dirección de los vientos dominantes (SE) hacia el área del tajo Noroeste, abarcando solo la vegetación existente en la zona. Es conveniente mencionar que no habrá daños a población, dado que los poblados más próximos: Santa María se localiza a aproximadamente a 2.60 km de la Planta de Beneficio en dirección SE y la población de Zacatepec a una distancia de 3 km en dirección NE.

En el **Escenario No. EV-HCN-02** se simula la presencia de una nube de ácido cianhídrico formada en la etapa de lixiviación, resultado de la baja del pH en la solución estéril/cianurada dosificada en el mineral. Los radios de afectación resultantes son:

1. **Zona de riesgo:** De acuerdo con los resultados de la simulación, la concentración que define esta zona a 50 ppm comprende una distancia de 28 metros. El ácido cianhídrico generado por la hidrólisis del cianuro en un medio de baja alcalinidad, se elevará y dispersará en la atmósfera, afectando solamente al personal localizado en el área de lixiviación, sin rebasar los límites de la planta.
2. **Zona de amortiguamiento.** El radio de afectación alcanzará una distancia de 110 metros, punto en el cual la concentración de 4.7 ppm es tolerable a exposiciones de 8 horas. La nube generada se dispersará en dirección de los vientos dominantes (SE) abarcando parte de las áreas de Lixiviación hasta alcanzar la zona de Clarificación. La distancia de afectación solo rebasará los límites de la planta por el lado poniente, sin embargo quedará totalmente comprendida dentro de los límites del proyecto.

En el **Escenario No. EV-HCI-01** se modela la dispersión de nube tóxica de cloruro de hidrógeno generada por el derrame de ácido clorhídrico al 30% contenido en el cubocontenedor de 1000 litros. Los radios de afectación resultantes son:

1. **Zona de riesgo:** De acuerdo con los resultados de la simulación, la concentración que define esta zona a 50 ppm comprende una distancia de 24 metros. La nube tóxica generada se dispersará en el área en dirección de los vientos dominantes afectando únicamente al personal localizado en el punto del evento (Desorción/Regeneración de Carbón), sin rebasar los límites de la planta.
2. **Zona de amortiguamiento.** El radio de afectación alcanzará una distancia de 83 metros, punto en el cual la concentración de 5 ppm es tolerable a exposiciones de 8 horas. La nube generada se dispersará en dirección de los vientos dominantes (SE) abarcando las áreas de Desorción y Regeneración de Carbón, parte de la sección de Merrill Crowe hasta alcanzar el patio de maniobras, mantenimiento y suministros. La distancia de afectación no rebasará el lindero de la planta.

En el **Escenario No. EV-HNO<sub>3</sub>-01** se modela la dispersión de nube tóxica generada por el derrame de ácido nítrico al 65% contenido en el tanque de almacenamiento con capacidad operativa de 66.53 m<sup>3</sup>. Los radios de afectación resultantes son:

1. **Zona de riesgo:** De acuerdo con los resultados de la simulación, la concentración que define esta zona a 25 ppm comprende una distancia de 13 metros. La nube tóxica generada se dispersará en el área en dirección de los vientos dominantes afectando únicamente al personal localizado en el punto del evento (Desorción/Regeneración de Carbón), sin rebasar los límites de la planta.
2. **Zona de amortiguamiento.** El radio de afectación alcanzará una distancia de 55 metros, punto en el cual la concentración de 2 ppm es tolerable a exposiciones de 8 horas. La nube generada se dispersará en dirección de los vientos dominantes (SE) abarcando las áreas de Desorción y Regeneración de Carbón y parte de la sección de Merrill Crowe. La distancia de afectación no rebasará el lindero de la planta.

En el **Escenario No. EV-DIE-01** se propone el derrame de diesel en la estación de servicio provocado por una fuga en tubería/conexiones y el posterior contacto con una fuente de ignición, generando un incendio tipo alberca (poolfire).

1. **Zona de riesgo:** El radio de afectación con una radiación térmica equivalente de 5 kW/m<sup>2</sup> será de 76.39 metros; como se puede observar, la distancia de afectación abarcará principalmente el área donde se ubica la estación de servicio, sin alcanzar a afectar a las instalaciones de Trituración.
2. **Zona de amortiguamiento.** El radio de afectación alcanzará una distancia de 144.36 metros, donde la radiación térmica será de 1.4 KW/m<sup>2</sup>, punto en el cual no se presentarán molestias por exposición prolongada. La zona afectada abarcará una mayor sección de la fosa de sedimentaciones e instalaciones de la mina. El nivel de radiación en esta zona permitirá al personal eventualmente localizado en estas áreas retirarse sin originar daños graves. No se espera ninguna interacción de riesgo con otras áreas operativas.

Finalmente, para el **Escenario EV-EXP-01**, como se mencionó, se modeló el escenario de la explosión del material explosivo utilizado en el área de voladura, considerando que la totalidad del material detonara de forma simultánea; los resultados son:

1. **Zona de riesgo:** El radio de afectación donde se generará una onda de sobrepresión equivalente a 1 psi (daños a la fachada; 1% de ruptura del tímpano, y afectación por proyectiles) será de 22.65 metros, abarcando solamente el área de tajo, sin alcanzar a las instalaciones de la Planta de Beneficio localizadas a más de 1,550 metros en dirección poniente; ni al almacén de explosivos, situado a aproximadamente 911 metros en dirección suroeste.
2. **Zona de amortiguamiento.** El radio de afectación alcanzará una distancia de 40.34 metros, donde la onda de sobrepresión equivalente a 0.5 psi, provocará únicamente daños menores (equivalente a la ruptura de vidrios). La zona afectada abarcará parte del área del tajo. No se espera ninguna interacción de riesgo con otras áreas operativas.

De acuerdo con la estimación de la magnitud de la vibración generada durante las voladuras, a una distancia aproximadamente de 877.51 m podría haber un 50% de probabilidad de daños a estructuras; sin embargo, a esta distancia no se encuentra ninguna instalación de la minera, el almacén de explosivos está suficiente aislado, y ninguna edificación se encuentra dentro de esta distancia, por lo que logrará minimizar cualquier interacción de riesgo.

Las zonas de potencial interacción en el caso de presentarse una condición riesgosa por los eventos ya señalados, se muestran en los diagrama de pétalos destacados. Como puede observarse, ninguno de los eventos modelados rebasarán los límites del área de ocupación del proyecto; por la distancia existente con los centros de población próximos, no se prevé afectación a la población ni interacción con otras áreas de riesgo que desencadenen un efecto dominó.

Es pertinente aclarar que los modelos de simulación empleados para la determinación de los diagramas de pétalos no consideran las barreras naturales de protección, como podría ser principalmente la topografía de la zona; esto finalmente reducirá las distancias de afectación obtenidas.

### *V.3.1.5. Efectos Sobre el Sistema Ambiental*

En las áreas colindantes del proyecto no se presentan zonas sensibles ni vulnerables que pudieran ser afectadas durante la presencia de una emergencia, los centros de población más próximos son: Santa María Zotoltepec localizada a aproximadamente a 2.60 km en dirección SE de la Planta de Beneficio, y la población de Zacatepec a una distancia de 3 km dirección NE, por lo que no se pronostica afectación los mismos. En el entorno del proyecto no se realizan actividades peligrosas que puedan poner en riesgo la operación segura de la instalación que nos ocupa.

De acuerdo a los radios de afectación resultantes en la modelación de riesgos, se muestra que las distancias y superficies que cubren los radios de afectación ante riesgos potenciales por el manejo de sustancias peligrosas no afectarán poblaciones ni actividades productivas ajenas al presente proyecto.

Revisando las áreas de afectación obtenidas de los escenarios accidentales propuestos, a continuación se describen los efectos que se tendrán sobre el sistema ambiental:

Para los escenarios accidentales EV-HCN-01 y EV-HCN-02 donde se considera la dispersión de ácido cianhídrico, sólo se prevé afectación al personal que laborará en las áreas operativas donde ocurriría el evento accidental propuesto y donde la concentración de HCN será suficiente para provocar daños graves. De acuerdo con la información bibliográfica, el ácido cianhídrico es un gas venenoso que a nivel tisular (tejidos) actúa sobre el sistema respiratorio provocando hipoxia citotóxica o asfixia celular; la falta de oxígeno conlleva a la acumulación de lactato en la sangre, el efecto conjunto de la hipoxia y la acidosis láctica provocará una depresión en el sistema nervioso central que podría causar paro respiratorio y la muerte. La nube de ácido cianhídrico una vez liberada a la atmósfera se dispersará en dirección a los vientos dominantes SE en un trayecto de 229 m (evento más crítico) abarcando parte de las áreas de Precipitado y Fundición, Desorción, Regeneración de Carbón y la Subestación Principal, sin rebasar el lindero de la planta. La distancia de amortiguamiento será de 778 metros y abarcará la totalidad de la Planta de Beneficio traspasando los límites de la misma por los cuatro puntos cardinales, la nube se trasladará en dirección de los vientos dominantes (SE) hacia el área del tajo Noroeste, alcanzado la vegetación existente en la zona. Al respecto, es conveniente aclarar que la zona natural del área del proyecto (AP) ha sido sometida históricamente a diferentes presiones de tipo antropogénico como son: la urbanización, las actividades agrícola y ganaderas, los cuales han ocasionado diferentes tipos de impacto sobre el ecosistema dando como resultado fragmentación de la vegetación natural de bosque de pino, dejando sitios propicios para la implementación del bosque de táscate, la cuales se identifican por presentarse como vegetaciones sucesionales en la partes bajas de las laderas donde se establecen los bosques templados y donde los mismos han sufrido perturbaciones derivadas de los impactos ambientales circundantes.

En lo referente a la presencia del escenario EV-HCI-01, la dispersión de la nube tóxica por derrames accidentales de ácido clorhídrico, muestran distancias de afectación puntuales de 24 metros para la zona riesgo, por lo que se prevé que las nubes tóxicas quedarán contenidas dentro de las áreas donde ocurra el accidente afectando al personal localizado en la misma, sin generarse mayores daños para el resto del personal operativo de la Planta de Beneficio. El mayor peligro por toxicidad lo representa el ácido clorhídrico, la exposición al gas o vapores inmediatamente causa irritación del tracto respiratorio superior dando lugar a tos, quemadura de

la garganta y sensación de sofoco; los efectos son usualmente ulceración de la nariz, garganta y laringe; si se inhala profundamente puede ocurrir edema pulmonar.

La presencia del escenario EV-HNO3-01, la dispersión de la nube tóxica por derrames accidentales de ácido nítrico, muestran distancias de afectación puntuales de 13 metros para la zona riesgo, por lo que se prevé que la nube tóxica quedará contenida en los límites del área operativa donde se presente la emergencia afectando al personal localizado en la misma, sin generarse mayores daños para el resto del personal operativo de la Planta de Beneficio. El ácido nítrico es principalmente irritante y causa quemaduras y ulceración de todos los tejidos con los que está en contacto. La extensión del daño, los signos y síntomas de envenenamiento y el tratamiento requerido, dependen de la concentración del ácido, el tiempo de exposición y la susceptibilidad del individuo. Es importante mencionar que la dosis letal mínima es aproximadamente de 5 ml (concentrado) para una persona de 75 Kg.

Con lo que respecta al escenario EV-DIE-01 donde se involucra al diesel; en caso de un eventual derrame del combustible, no habrá riesgo de contaminación del suelo natural, ya que este se localiza en tanque de doble pared con piso construido de concreto y contención secundaria, siendo totalmente impermeable y hermético. Por otro lado, las distancias de afectación por la presencia de un incendio tipo alberca (poolfire) nunca rebasarán los límites del área del proyecto, por lo que los daños serán puntuales afectando principalmente la estación de servicio, sin alcanzar a afectar a las instalaciones de Trituración; el tanque de diesel se localizará lo suficientemente alejado de cualquier otro equipo con el que pudiera interactuar desencadenando un efecto dominó, los daños al personal sólo significarán molestias por exposición a la radiación térmica, para lo cual el mismo será retirado del área sin sufrir daños. El medio ambiente sólo se verá afectado por los gases contaminantes generados durante la quema del combustible; al respecto es conveniente mencionar, que la empresa contará con una organización integrada por brigadistas capacitada y con el equipo requerido para el control de incendios, con lo cual se esperará una respuesta inmediata que minimice los efectos adversos que pudieran generarse sobre el personal, equipo y medio ambiente.

En el caso de que ocurriera alguna explosión accidental en el manejo de explosivos, la afectación al sistema ambiental sería mínima, limitándose ésta al área del tajo, no habiendo en ella componentes de particular importancia.

#### **V.4. Señalamiento de las Medidas de Seguridad y Preventivas en Materia Ambiental**

##### **V.4.1. Recomendaciones Técnico-Operativas.**

Con base en los resultados obtenidos en el desarrollo de las metodologías para la identificación de riesgos y el análisis de las consecuencias, las recomendaciones técnico – operativas específicas que serán consideradas y llevadas a cabo en el Proyecto Minero Ixtaca, son las siguientes:

1. Considerando que las posibles causas de falla identificadas se derivan de errores operativos, se asegurará que el personal se encuentre suficientemente entrenado y se dé un seguimiento riguroso a los procedimientos operativos, de mantenimiento, paro y arranque. (*Recomendación general del HAZOP*).

2. Se mantendrá una estricta vigilancia del correcto funcionamiento de los elementos de medición e indicación; así a los dispositivos de medición y alerta por alta concentración de ácido cianhídrico. *(Recomendación del ejercicio del análisis de riesgo).*
3. Se considerará la instalación de un dispositivo que permita visualizar la dirección del viento (cono o veleta) desde cualquier punto de la planta con el propósito de contar con la información necesaria para dirigir al personal a un punto seguro en caso de emergencia. *(Recomendación del ejercicio del análisis de riesgo).*
4. Durante la fase operativa se mantendrá disponible antídoto por envenenamiento de cianuro en el consultorio médico (vigilancia de fecha de caducidad). *(Recomendación del ejercicio del análisis de riesgo).*
5. Llevar a cabo la elaboración del Programa de Prevención de Accidentes, de acuerdo con la guía de la SEMARNAT. *(Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente Artículo 147).*
6. La estación de servicio (diesel con capacidad de 400 m<sup>3</sup>) deberá cumplir con los lineamientos técnicos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección Ambiental establecidos en la NOM-005-ASEA-2016 *Diseño, construcción, operación y mantenimiento de estaciones de servicio para almacenamiento y expendio de diesel y gasolina*; así también previo a la construcción de la misma, se deberá contar con un Estudio de Análisis de Riesgos, el cual será presentado ante la ASEA (Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente) para su evaluación y resolución en materia. *(Recomendación del ejercicio del análisis de riesgo).*
7. Deberá asegurarse que el mineral sin valores procedente el proceso de Detoxificación de cianuro, cumpla con los niveles de concentración de los complejos débiles de cianuro asociados a los metales (WAD-CN) menores a 0.2 mg/L; y un nivel del potencial de hidrógeno (pH) entre 5 y 10 unidades, conforme lo indicado en la NOM-155-SEMARNAT-2007, *Que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata. Apartado 5.8.1. (Recomendación del ejercicio del análisis de riesgo).*

Las recomendaciones generales:

1. Se elaborarán, difundirán y aplicarán procedimientos de operación, mantenimiento, inspección, paro y arranque de la planta.
2. Los planes de respuesta a emergencia contemplarán, entre otros, los escenarios identificados en el estudio de riesgo.
3. Se elaborará, difundirá y se proporcionará un riguroso seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo que contemplen al equipo, instrumentos y dispositivos de medición, control y seguridad; así como la revisión de la integración mecánica de recipientes y tuberías.
4. Se elaborarán y se dará seguimiento riguroso a los programas de capacitación del personal operativo, a fin de que conozca perfectamente los fundamentos básicos de la operación de las instalaciones y evitar al máximo errores humanos.
5. Se proporcionará equipo de protección personal y se vigilará que el personal operativo lo porte en todo momento.

6. Se implantarán planes y programas de capacitación, seguridad, inspección, controles de operación, vigilancia, etc., de tal manera que se garantice un involucramiento total de los recursos humanos al esquema de seguridad.

Finalmente, se recomienda durante la etapa operativa del Proyecto considerar el cumplimiento de los siguientes requerimientos establecidos en la normatividad aplicable en materia de riesgo y atención a emergencia:

1. Señalar los recipientes y áreas que almacenen sustancias químicas peligrosas conforme a lo establecido a la normatividad vigente. *NOM-018-STPS-2015, Sistema Armonizado para la Identificación y Comunicación de Peligros y Riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los Centros de Trabajo*<sup>9</sup>. Artículo 6.5.
2. Informar a todos los trabajadores y contratistas que manejan sustancias químicas peligrosas, sobre los elementos de la hoja de datos de seguridad y de la señalización, incluidos aquellos trabajadores que tenga algún tipo de actuación en caso de emergencia. *NOM-018-STPS-2015, Sistema Armonizado para la Identificación y Comunicación de Peligros y Riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los Centros de Trabajo*. Artículo 6.6.
3. Contar con las hojas de datos de seguridad de todas las sustancias químicas peligrosas y mezclas que se manejen en el centro de trabajo, de conformidad con lo que prevé el Capítulo 9, de la Norma *NOM-018-STPS-2015, Sistema Armonizado para la Identificación y Comunicación de Peligros y Riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los Centros de Trabajo*. Artículo 6.3.
4. Las hojas de datos de las sustancias peligrosas deberán estar en idioma español y puestas a disposición permanentemente de los trabajadores, para su consulta, en las áreas donde se manejen sustancias químicas peligrosas. *NOM-018-STPS-2015, Sistema Armonizado para la Identificación y Comunicación de Peligros y Riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los Centros de Trabajo*. Artículo 6.4.
5. Capacitar y adiestrar a los trabajadores del centro de trabajo que manejan sustancias químicas peligrosas, sobre el contenido de las hojas de datos de seguridad y de la señalización, conforme a lo que señala el Capítulo 11 de la Norma *NOM-018-STPS-2015, Sistema Armonizado para la Identificación y Comunicación de Peligros y Riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los Centros de Trabajo*. Artículo 6.7..
6. Identificar toda la tubería que conduce fluidos en el centro de trabajo de acuerdo con lo establecido en la *NOM-026-STPS-2008*). *NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tubería*. Artículo 5.3 y 9).
7. Clasificar el riesgo de incendio del centro de trabajo de conformidad con lo establecido por el Apéndice A de la *NOM-002 -STPS-2010* (*NOM-002 -STPS-2010 Condiciones de Seguridad – Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo*. Artículo 5.1).
8. Contar en las áreas de riesgo de incendio alto, con medios de detección y equipos contra incendio, además de sistemas fijos de protección contra incendio y alarmas de incendio, para atender la posible dimensión de la emergencia de incendio, mismos que deberán ser acordes con la clase de fuego que pueda presentarse. (*NOM-002-STPS-2010 Condiciones de Seguridad – Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo*. Artículo 5.10).

---

<sup>9</sup> *NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo entra en vigor el 9 de octubre del 2018.*

9. Establecer y dar seguimiento a un programa anual de revisión a las instalaciones eléctricas, con énfasis en aquellas clasificadas como de riesgo de incendio alto, a fin de identificar y corregir condiciones inseguras que puedan existir.
10. Las instalaciones eléctricas deberán someterse a un programa de mantenimiento preventivo realizado por personal capacitado de conformidad con lo establecido en la NOM-029-STPS-2005. (*NOM-002-STPS-2010 Condiciones de Seguridad – Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo. Artículos 7.5 y 7.6*).
11. Elaborar y mantener actualizado un estudio para analizar los riesgos potenciales de sustancias químicas peligrosas manejadas en la instalación conforme a lo establecido en el apartado 7.1. de la NOM-005-STPS-1998. (*NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. Artículo 5.2*).
12. Elaborar y mantener los manuales de procedimientos para el manejo, transporte y almacenamiento seguro de sustancias químicas peligrosas. (*NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. Artículo 5.3*).
13. Establecer por escrito las actividades peligrosas y operaciones en espacios confinados que entrañen exposición a sustancias químicas peligrosas y que requieran autorización para ejecutarse, y elaborar el procedimiento de autorización de acuerdo a lo establecido en el apartado 7.2. (*NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. Artículo 5.11*).
14. Practicar exámenes médicos de ingreso, periódicos y especiales a los trabajadores que estén expuestos a las sustancias químicas peligrosas. (*NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. Artículo 5.17*).
15. Cumplir con los requisitos de seguridad e higiene para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias explosivas establecidos en la NOM-005-STPS-1998. (*NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. Artículo 11*).
16. Medir y registrar los valores de resistencia de la red de puesta a tierra, y de la continuidad en los puntos de conexión a tierra en el equipo que pueda generar o almacenar electricidad estática, al menos cada doce meses, o cuando se realicen modificaciones que afecten las condiciones de operación del sistema de puesta a tierra o del sistema de pararrayos. (*NOM-022-STPS-2015, Electricidad estática en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad. Artículo 5.7*).
17. Los recipientes sujetos a presión deberán ser clasificados de conformidad a lo establecido en la NOM-020-STPS-2011, y para aquellos con categoría III se deberá obtener autorización de funcionamiento expedida por la Delegación Federal del Trabajo en el estado de Guerrero. (*NOM-020-STPS-2010, Recipientes sujetos a presión y calderas- Funcionamiento- Condiciones de Seguridad Artículos 5.1 y 5.13*). *NOM-023-STPS-2012 Punto 5.13*.
18. Dar cumplimiento a lo establecido en la NOM-023-STPS-2012. *Minas subterráneas y minas a cielo abierto - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo*, en lo referente a:
  - Contar con análisis de riesgo para la identificación de peligros y control de riesgos, conforme lo indicado en el capítulo 7. *Artículo 5.1*.



- Contar con un plan de atención a emergencias disponible para la consulta y aplicación de trabajadores y brigadistas, de acuerdo con lo establecido por el capítulo 13. *Artículo 5.23.*
- Se deberá cumplir con los requisitos de seguridad establecidos en el apartado 9. Minas a cielo abierto.

#### *V.4.1.1. Sistemas de Seguridad*

Los sistemas de seguridad que se implementarán en las instalaciones mineras consistirán de lo siguiente:

- Caseta de seguridad en la planta para mantener control de acceso al personal ajeno a las operaciones.
- Impermeabilización de todas las áreas de proceso y áreas donde se almacenen y manejen sustancias químicas.
- Sistema de contención para en caso de derrames en las áreas donde se almacenen sustancias químicas.
- Diseño adecuado de las instalaciones en la planta de proceso de tal forma que se tenga capacidad para resistir: cargas estáticas, cargas dinámicas, cargas por fenómenos naturales (vientos, lluvias fuertes y sismos), corrosión y gradientes de presión y temperatura.
- Controles manuales de las variables de proceso, incluyendo límites operacionales, arranques y paros y sistema de alarma.
- Sistema de paro en condiciones de emergencia.
- Sistema de prevención de derrames mediante reguladores de nivel en tanques, válvulas de derivación y muros o diques de contención en las áreas donde se almacenan o manejan sustancias químicas.
- Servicios de energía eléctrica y aire comprimido para los sistemas de seguridad (con sistema de respaldo para en caso de falla).
- Detectores de ácido cianhídrico en el ambiente laboral.
- Sistema contra incendio consistente en extinguidores de polvo químico y CO<sub>2</sub>, así como hidrantes.
- Programa de inspección periódica y reparación de fallas.
- Programa de capacitación al personal, que incluirá pláticas de inducción a nuevos trabajadores y capacitación periódica en el manejo de sustancia y equipo de riesgo para los operadores del proceso.
- Regaderas de emergencia y botiquín de primeros auxilios en puntos estratégicos de las instalaciones del proceso.
- Todo el personal utilizará el equipo de protección personal de acuerdo a la actividad que realiza.
- Se tendrá un plan de respuesta a emergencias, mismo que se incluirá en el plan de prevención de accidentes y la licencia de funcionamiento para este proyecto minero.
- Programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria y equipo.

#### *V.4.1.2. Medidas Preventivas*

Las medidas preventivas que se aplicarán durante la operación del Proyecto incluyen:

##### **a. Manuales de Operación y Mantenimiento.**

Se contarán con Manuales de Operación, Mantenimiento e Inspección, los cuales serán difundidos al personal operativo y estarán disponibles en las áreas de trabajo. Estos manuales se revisan y actualizan periódicamente.

##### **b. Programa de Mantenimiento Predictivo y Preventivo.**

Se contarán con programas de mantenimiento predictivo y preventivo para toda la maquinaria, equipos, instrumentación y vehículos. El mantenimiento tendrá la finalidad de asegurar el buen funcionamiento de los mismos, lo que repercutirá en la seguridad de los empleados y paralelamente en la disminución de impactos al ambiente por derrames, fugas o emisiones.

Las actividades de mantenimiento se clasificarán en dos categorías: planeado y correctivo. Los programas y procedimientos específicos relacionados con estas actividades se desarrollarán una vez concluida la ingeniería de detalle del proyecto tras obtener su autorización en materia de impacto ambiental y cuando ya se hayan seleccionado a los proveedores de los equipos ya que tienen que basarse en sus correspondientes manuales de mantenimiento.

El mantenimiento planeado se basará en un análisis de confiabilidad de los componentes críticos de los sistemas y de los equipos tanto fijos como móviles que determinará no sólo las rutinas de mantenimiento sino los componentes a sustituir y el inventario de partes críticas que se manejará en el almacén del proyecto. El mantenimiento planeado será responsabilidad del Gerente de Ingeniería quien deberá de programar, desarrollar y ejecutar todos los aspectos del Programa de Mantenimiento para el proyecto. Este programa debe de ser desarrollado, conjuntamente, por los proveedores y las áreas de operación, de mantenimiento, de servicios, de seguridad y de protección ambiental.

Todas las rutinas de mantenimiento que se deriven del programa de Mantenimiento incluirán las indicaciones necesarias para asegurar un manejo adecuado de los residuos que se generen en su ejecución y el control de otros aspectos ambientales que, de ellas, se pudieran derivar. Otras responsabilidades del Gerente de Ingeniería incluyen la administración del inventario de partes de repuesto y la programación del personal para proporcionar a la operación un servicio de mantenimiento efectivo durante las 24 horas del día.

##### **c. Procedimiento para el manejo de sustancias peligrosas y de respuesta a emergencias por cianuro de sodio.**

Se contarán con procedimientos para la recepción, almacenamiento y el manejo seguro del cianuro de sodio, reactivos químicos y combustibles; así como los procedimientos a seguir para el control de cualquier emergencia relacionada con los mismos.

##### **d. Programa de auditorías.**

Durante las operaciones del proceso se llevarán a cabo auditorías internas para evaluar el estado de cumplimiento respecto a las normas y criterios ambientales con los que se rigen las actividades, así como las condiciones de calidad del medio ambiente.

#### **e. Organización para la atención a emergencias.**

Para la atención de emergencias, se contará con personal capacitado y organizado a través de brigadas. Asimismo, se establecerán las vías de comunicación y coordinación para recibir apoyo por parte de organizaciones disponibles en la región, con quien podrán desarrollarse protocolos y convenios de apoyo para la atención de emergencias.

La empresa desarrollará un programa para la realización de simulacros de emergencia (2/año) y estos serán evaluados a fin de detectar áreas de oportunidad. Así también se contará con un programa de capacitación en materia de atención de emergencias el cual será impartido al personal brigadista y operativo en general.

Se elaborará el Programa Interno de Protección Civil y este será actualizado conforme los lineamientos que marque la autoridad en materia de la región.

Las acciones de prevención y respuesta a las principales emergencias ambientales que pudieran suscitarse durante las operaciones mineras se describen enseguida:

**Posible emergencia:** Derrame de soluciones cianuradas.

**Medidas de prevención:** Para evitar este tipo de accidentes se aplicarán las siguientes medidas:

- Revisión periódica de toda la red de tuberías y equipos que manejan las soluciones de proceso.
- Eliminación rápida de fugas.
- Evitar manejo de soluciones en áreas no impermeabilizadas.
- Limpiar inmediatamente cualquier derrame de productos químicos, aún dentro de las áreas impermeabilizadas.
- Contar siempre con equipo de bombeo emergente para ayudar a la recirculación de soluciones en caso de derrames.
- Probar periódicamente el buen funcionamiento de los generadores de energía eléctrica.
- Implementar supervisiones continuas en materia de seguridad y ambiente. Dar seguimiento correcto a las deficiencias detectadas.

**Medidas de respuesta:** De presentarse un derrame de soluciones cianuradas se aplicará el siguiente procedimiento:

- Cerrar el flujo de soluciones en la tubería donde se origina el derrame.
- Notificar de inmediato al supervisor en turno.
- En caso de derrames mayores, construir un bordo o berma para contenerlo y evitar que se disperse aguas abajo.
- Neutralizar el sitio impactado con soluciones diluidas de hipoclorito de sodio.
- Remover el suelo contaminado y colocarlo en los recipientes de lixiviación.
- Rellenar las excavaciones resultantes con tierra limpia o material estéril.

**Posible emergencia:** Liberación de ácido cianhídrico a la atmósfera.

**Medidas de prevención.** Las reacciones de hidrólisis del ión cianuro son altamente dependientes del pH de la solución, dominando la especie HCN (ácido cianhídrico) a pH menores a 10. Esta forma de cianuro tiene una presión de vapor alta y se volatiliza rápidamente como gas.

- Se puede trabajar con seguridad mientras las soluciones de cianuro se mantengan a un pH alcalino (mayor a 10). Es conveniente mencionar que las reacciones de lixiviación de los metales preciosos se dan en un rango de pH de 9 a 11, siendo el óptimo el de 10.5. Esto refuerza la vigilancia del pH en el circuito de lixiviación.
- Se realizará monitoreo constante del pH en las soluciones de proceso.
- Se realizará monitoreo periódico de los niveles de HCN en el aire ambiente laboral.

**Medidas de respuesta.** Si se presentara el caso de una liberación excesiva de gases de HCN, se aplicarán las siguientes acciones de respuesta:

- Se evacuarán todas las zonas de lixiviación y resto de la planta, así como las personas que se encuentren en áreas viento abajo. Se recomienda hacer mediciones en las inmediaciones de la planta y/o basarse en los resultados de la modelación para definir la zona crítica a evacuar.
- Se elevará el pH de la solución, adicionando mayor cantidad de cal que se mezcla con el mineral.
- Se suspenderá la dosificación de la solución cianurada hasta restablecer los niveles de pH deseados. Se medirá el pH y niveles de HCN en diferentes puntos del sistema de lixiviación.
- Cuando se restablezcan los niveles de pH y se disminuya la concentración de HCN, se reiniciará con las actividades operativas normales.

### ***Operaciones para recepción, almacenamiento y suministro de ácido clorhídrico.***

#### **Medidas preventivas.**

Antes de trabajar con ácido clorhídrico, el personal estará debidamente entrenado en su manejo y almacenamiento. Además en el uso correcto del equipo de protección personal.

Debido a la posibilidad de generación de hidrógeno inflamable y combustible por el contacto del ácido clorhídrico con algunos metales, se prohibirá fumar en zonas de almacenamiento, manejo o procesamiento de esta sustancia.

En las mismas zonas, se revisarán las líneas de conducción eléctrica para garantizar ausencia de cortos que puedan ocasionar chispas y posteriores explosiones e incendios si está presente hidrógeno proveniente de la reacción del ácido con algunos metales con los que entre en contacto.

Cuando se destapen contenedores con este material no se usarán herramientas que produzcan chispas debido a la posibilidad de existencia de hidrógeno. Los contenedores de este material pueden ser peligrosos debido a que retienen residuos de producto (vapores, líquido).

Los contenedores de ácido clorhídrico se almacenarán separadamente de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, bases fuertes y metales.

Se mantendrá en un lugar bien ventilado, fresco y seco. Los contenedores deben permanecer siempre bien cerrados, ajustados y protegidos de cambios extremos de temperatura y de daños físicos.

### **Medidas de respuesta a emergencias.**

Si se derrama soluciones de ácido clorhídrico, se realizarán los procedimientos siguientes:

Recolectar o confinar del material derramado en la manera más conveniente y segura, por ejemplo mediante el empleo de cordones de aislamiento absorbentes.

Si es posible, recuperar del material derramado.

Dilución y/o neutralización y disposición conforme norma.

Personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben retirar de las áreas de fugas hasta que la limpieza se haya completado.

Los empleados estarán provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas (mínimo de ocho pulgadas) y otros tipos de ropas protectoras necesarias para prevenir cualquier contacto con la piel de nieblas o soluciones de cloruro de hidrógeno que posean un pH menor de 3.0. Se debe proceder de manera similar para el caso de exposiciones repetidas o prolongadas a nieblas o soluciones de cloruro de hidrógeno que posean un pH igual o mayor que 3.0.

Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a soluciones de ácido clorhídrico que posean pH menor de 3.0, se proveerá de instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.

### ***Operaciones de minado relacionadas con el manejo de explosivos.***

Para las actividades relacionadas con el manejo de explosivos se deberá acatar en todo momento las disposiciones de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) aplicables a las diferentes etapas de manejo de los mismos.

Todos los trabajadores involucrados en el manejo de explosivos serán informados, capacitados y entrenados con respecto a los procedimientos de seguridad en el manejo de explosivos (transporte, almacenamiento, uso). La empresa elaborará un manual de procedimientos para el transporte, almacenamiento y uso de explosivos.

En el almacenamiento de explosivos se asegurará que los polvorines cumplan como mínimo con las siguientes medidas de seguridad:

Se deberán localizar a una distancia segura del resto de las instalaciones mineras o zonas pobladas, para evitar que durante las voladuras u otro evento pueda impactar a los mismos.

- Las paredes, piso y techos serán de material que evite generación de descargas estáticas.
- Estará aislado de cualquier fuente de calor.
- Los equipos y líneas eléctricas que se requieran estarán conectados a tierra y serán a prueba de explosión.
- No se almacenarán ni utilizarán herramientas de cualquier metal, que pueda producir chispa al golpearse, dentro de los polvorines.
- Se mantendrán avisos en lugares visibles que indiquen las advertencias de no fumar y la prohibición de acceso a personas no autorizadas, así como los riesgos específicos.
- Estarán protegidos con un sistema de pararrayos.
- Tendrán tapetes de hule para la limpieza de la suela del calzado del personal antes de entrar al polvorín.

- Evitarán acumulación de sustancias o residuos en el piso del almacén o en el exterior del mismo.
- Contarán con el equipo portátil de extinción de incendios, colocado en el exterior de los polvorines.
- Los accesorios como fulminantes, estopines, iniciadores no eléctricos y de alta presión, conectores, cordón detonante, mechas de seguridad, etc., se almacenarán separados del alto explosivo.
- El almacén de explosivos estará cerrado herméticamente, salvo cuando sean abiertos por personas autorizadas.
- Se utilizarán los explosivos más antiguos primero.
- Se llevará un registro diario para control de la disposición, uso, existencias y devoluciones del material explosivo y accesorios.
- Se realizará un informe detallado cada mes sobre las actividades y movimientos con los explosivos.
- Se brindará en todo momento todas las facilidades necesarias a la SEDENA para practicar las visitas de inspección.

En la transportación de los explosivos dentro de la unidad minera, de polvorines al tajo, se dan las siguientes recomendaciones de seguridad:

- El vehículo que transporta los explosivos estará en buenas condiciones de operación. El supervisor deberá de inspeccionar vehículo antes de ser cargado, debiendo corregir cualquier deficiencia.
- El vehículo llevará en las esquinas posteriores de la caja, banderolas rojas, y accionadas las luces intermitentes, cuando viaje cargado, pudiendo retirarlas cuando viaje vacío.
- El vehículo contará con al menos dos extintores de incendio en buenas condiciones y colocados en lugares accesibles.
- El tanque de gasolina tendrá un tapón apropiado y todas las conexiones de mangueras de combustible deberán estar libre de fugas y goteras.
- Los frenos, luces, claxon, limpiadores de parabrisas y el sistema de dirección deben funcionar satisfactoriamente.
- Mientras el vehículo esté cargado de explosivos, nunca cargará gasolina ni se llevará a taller para reparaciones o estacionarse en lugares de afluencia común como estacionamientos, planta de proceso, etc.
- No se transportarán los explosivos al lugar de la voladura, hasta que los barrenos estén listos para cargarse.
- Los fulminantes y estopines serán transportados en envase especial, separado del resto de los explosivos.
- No se permitirá fumar en los vehículos que transportan explosivos ni dentro de un radio de al menos 33 metros.

Para los procedimientos de voladura se hacen las siguientes recomendaciones:

- Los explosivos y accesorios únicamente serán manejados por personal autorizado.
- El agente explosivo (ANFO) y los detonantes serán transportados por separado y únicamente preparados y combinados en el lugar donde ocurrirá las voladuras.
- Se limitarán las áreas de voladuras con conos y banderolas fluorescentes.
- Se informará siempre de la hora y lugar de la voladura, mediante avisos (letreros de advertencia) en los caminos de acceso y las proximidades al lugar de la voladura.
- Antes de la voladura todo el equipo deberá retirarse del área de la voladura.

- El supervisor de voladuras se cerciorará con los supervisores de operación y guardias que el área está despejada.
- El supervisor de voladuras dará instrucciones que la señal de prevención, consistente en toque de sirena, se inicie 5 minutos antes de la voladura.
- Las operaciones de carga y manejo de explosivos deberán suspenderse cuando se aproximan tormentas eléctricas; si las operaciones de carga ya se iniciaron, el personal deberá evacuar y vigilar el área de la voladura.
- Ningún barreno cargado debe dejarse sin vigilancia.
- El supervisor de voladuras es responsable de que todos los materiales sobrantes sean retirados del lugar de la voladura antes de disparar.
- No se efectuará ningún disparo hasta que el supervisor de voladuras haya confirmado que la voladura reúne todos los requisitos de seguridad.
- No se permitirá que se regrese al lugar de la voladura antes de 30 minutos transcurrida la explosión, o después de una voladura fallida, a menos que el supervisor lo requiera.
- Después de la voladura se hará una inspección general y en caso de algún barreno que quede sin detonar se señalará con un cono color naranja. El barreno deberá excavar en turno de día y bajo la supervisión del supervisor de voladuras. Asegurarse que ningún tipo de maquinaria pesada se acerque al barreno mientras no haya sido excavado.

### ***Operaciones para recepción, almacenamiento y suministro de diesel***

Esta zona contará con rigurosas medidas de seguridad ya que el diesel es un combustible que tiene la capacidad incendiarse por contacto con fuente de ignición causando daños a las instalaciones y al personal expuesto. Por lo anterior esta zona quedará aislada de otras zonas de riesgo y se seguirán las especificaciones establecidas en la NOM-005-ASEA-2016 Diseño, construcción, operación y mantenimiento de estaciones de servicio para almacenamiento y expendio de diesel y gasolina.

Para realizar la descarga del diesel desde carro-tanque se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Colocar el carro-tanque exactamente sobre el sitio indicado, con el freno puesto y las ruedas bloqueadas.
- Se colocarán señales de precaución en el frente y parte posterior para cerrar el camino y avisar a otras personas que se está descargando materiales o sustancias peligrosas.
- El chasis deberá conectarse a tierra antes de iniciar la descarga del material y el operador de la unidad no deberá retirarse del área en el tiempo en que dure el vaciado del carro-tanque.
- Se asegurará que el tanque de almacenamiento de diesel no presenten fallas en las soldaduras de placa o daños por corrosión que puedan resultar en derrames con potencial evento de incendio.
- Se prohibirá fumar en las áreas de proceso y áreas donde se manejen combustibles u otra sustancia inflamable.

## V.5. Resumen

### V.5.1 Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental

En el Proyecto Minero Ixtaca se manejarán sustancias riesgosas, de las cuales únicamente el cianuro de sodio (162 toneladas) se encuentra indicado en el 1er Listado de Actividades Altamente Riesgosas (LAAR), cuyas cantidades máximas almacenadas rebasan las reportadas en el listado; razón por la cual las operaciones que se desarrollarán en el proyecto, objeto del presente Estudio de Riesgo, quedarán catalogadas como Altamente Riesgosas. Otras de las sustancias que fueron integradas en la evaluación de riesgo es el ácido clorhídrico al 30%, que si bien no aparece en el 1er listado como tal, es necesario precisar que es una disolución del cloruro de hidrógeno, sustancia que se reporta en el 1er LAAR en estado gaseoso a partir de 1 kg, cualquier eventual derrame del ácido clorhídrico generará una nube donde estará presente el cloruro de hidrógeno. Finalmente, al igual que el caso anterior, el ácido nítrico se manejará en estado líquido diluido al 65% y no en estado gaseoso como lo reporta el listado, sin embargo, cualquier derrame y evaporación del mismo podría generar una nube que rebase la cantidad máxima de reporte (1 kg, 1er LAAR).

Para la operación de la instalación se requerirá también del uso de combustible (diesel) y explosivos (ANFO) que si bien no se encuentran reportados en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas, por su naturaleza representan riesgo para las instalaciones, personal y medio ambiente, razón por la cual fueron integrados en la presente evaluación.

Las actividades inherentes al desarrollo del proyecto fueron revisadas a detalle, identificando y evaluando los potenciales eventos de riesgo que habrá que prevenir, atenuar o reducir de tal suerte que no se exponga peligro alguno al entorno del proyecto.

Para el diseño de las instalaciones del Proyecto Minero Ixtaca se aplicaron los mejores criterios y tecnología disponibles en virtud de las sustancias a manejar, que por sus características de toxicidad e inflamabilidad podrían ocasionar daños a la salud o al ambiente en el remoto caso de que exista algún incidente en su manejo y/o almacenamiento.

Además del diseño adecuado de las instalaciones de proceso, también se consideraron otros factores, como son la capacitación del personal y las prácticas seguras de operación para minimizar la ocurrencia y la gravedad de los accidentes potenciales en un proyecto de esta naturaleza.

En la identificación de riesgo se emplearon las siguientes metodologías; la primera de ellas consistió en la descripción de la participación de la sustancia y análisis de las propiedades de la misma, esto representó el primer paso para identificar su riesgo potencial. Posteriormente, como segundo paso de desarrollo se empleó la metodología ¿Qué pasa si...? ("What if...?"), basada en la revisión del uso y manejo de la sustancia, y finalmente, y con el propósito de identificar los riesgos operativos se desarrolló la metodología HAZOP (Hazard and Operability). Para la jerarquización de los riesgos ambientales se empleó la técnica de matriz de jerarquización.

Como los eventos accidentales de mayor riesgo con mínima probabilidad de ocurrencia, se identificaron: la formación de ácido cianhídrico durante la preparación de la solución cianurada y en la dosificación de la solución a los tanques de lixiviación intensiva y CIP; la dispersión de nubes tóxicas por derrame de los ácidos clorhídrico al 30% y nítrico al 65%; la radiación térmica



por el incendio (pool fire) del derrame en el tanque de almacenamiento de diesel en la estación de servicio; y la explosión del material explosivo manejado en el área de voladuras.

De acuerdo con los resultados de la simulación de eventos accidentales y su interacción con otras áreas, se concluye lo siguiente:

- Para los escenarios EV-HCN-01 y EV-HCN-02 donde se considera la dispersión de ácido cianhídrico, sólo se prevé daños al personal que laborará en las áreas operativas donde ocurriría el evento accidental propuesto y donde la concentración de HCN será lo suficientemente para provocar daños graves. De acuerdo con la información bibliográfica, el ácido cianhídrico es un gas venenoso que a nivel tisular (tejidos) actúa sobre el sistema respiratorio provocando hipoxia citotóxica o asfixia celular; la falta de oxígeno conlleva a la acumulación de lactato en la sangre, el efecto conjunto de la hipoxia y la acidosis láctica provocará una depresión en el sistema nervioso central que podría causar paro respiratorio y la muerte. En el caso del evento EV-HCN-01, la nube de ácido cianhídrico una vez liberada a la atmósfera se dispersará en dirección a los vientos dominantes SE en un trayecto de 229 m (evento más crítico) abarcando parte de las áreas de Precipitado y Fundición, Desorción, Regeneración de Carbón y la Subestación Principal sin rebasar el lindero de la planta. La distancia de amortiguamiento será de 778 metros y abarcará la totalidad de la Planta de Beneficio traspasando los límites de la misma por los cuatro puntos cardinales, la nube se trasladará en dirección de los vientos dominantes (SE) hacia el área del tajo Noroeste, alcanzado la vegetación existente en la zona. No se prevé afectación a la población (Santa María Zotoltepec localizada a aproximadamente a 2.60 km en dirección SE y la población de Zacatepec a una distancia de 3 km en dirección NE) de la Planta de Beneficio.
- La presencia del escenario EV-HCl-01, comprende la dispersión de las nubes tóxicas por derrames accidentales de ácido clorhídrico, cuyas distancias de afectación quedarían contenidas dentro de las áreas donde ocurra el evento, afectando solamente al personal localizado en la misma. El mayor peligro por toxicidad lo representa el ácido clorhídrico, la exposición al gas o vapores inmediatamente causa irritación del tracto respiratorio superior dando lugar a tos, quemadura de la garganta y sensación de sofoco; los efectos son usualmente ulceración de la nariz, garganta y laringe; si se inhala profundamente puede ocurrir edema pulmonar.
- La dispersión de nube tóxica por la presencia del escenario EV-HNO<sub>3</sub>-01 originado por el derrame accidental ácido nítrico, muestra distancias de afectación puntuales de 13 metros para la zona riesgo, por lo que se prevé que la nube tóxica quedará contenida en los límites del área operativa donde se presente la emergencia afectando al personal localizado en la misma, sin generarse mayores daños para el resto del personal operativo de la Planta de Beneficio. El ácido nítrico es principalmente irritante y causa quemaduras y ulceración de todos los tejidos con los que está en contacto. La extensión del daño, los signos y síntomas de envenenamiento y el tratamiento requerido, dependen de la concentración del ácido, el tiempo de exposición y la susceptibilidad del individuo.
- En el caso del diesel EV-DIE-01, las distancias de afectación por la presencia de un incendio tipo alberca (poolfire) nunca rebasarán los límites del área del proyecto, por lo que los daños serán puntuales afectando principalmente la estación de servicio sin alcanzar a las instalaciones de Trituración; el tanque de diesel se localizará lo suficientemente alejado de cualquier otro equipo con el que pudiera interactuar desencadenando un efecto dominó, los daños al personal localizado en el área sólo significarán molestias por exposición, para lo cual el mismo será retirado del área sin sufrir daños. El medio ambiente sólo se verá afectado por

los gases contaminantes generados durante la quema del combustible; al respecto es conveniente mencionar, que la empresa contará con una organización integrada por brigadistas capacitada y con el equipo requerido para el control de incendios, con lo cual se esperará una respuesta inmediata que minimice los efectos adversos que pudieran generarse sobre el personal, equipo y medio ambiente.

- En el caso de que ocurriera alguna explosión no controlada en el manejo de explosivos, la afectación al sistema ambiental sería mínima, limitándose ésta al área del tajo, no habiendo en ella componentes de particular importancia.
- Como se ha mencionado, los daños originados por los eventos accidentales propuestos únicamente se prevén para el personal operativo, instalaciones y pequeñas secciones de vegetación natural fragmentada de la zona, sin interactuar con otras áreas de riesgo. Los asentamientos humanos más próximos a la Planta de Beneficio están localizados en el poblado de Santa María Zotoltepec a aproximadamente a 2.60 km en dirección SE y la población de Zacatepec a una distancia de 3 km en dirección NE, por lo que no se pronostica afectación a los mismos. En el entorno del proyecto no se realizan actividades peligrosas que puedan poner en riesgo la operación segura de la instalación que nos ocupa.
- Los sistemas de seguridad y medidas preventivas con las que contará el Proyecto Minero Ixtaca, los cuales se han descrito en el presente estudio, minimizan significativamente la probabilidad de ocurrencia de cualquiera de los eventos accidentales propuestos, y en caso de presentarse, se dispondrán de los mecanismos suficientes para la amortiguación de los efectos adversos que se pudieran tener sobre el personal operativo, instalaciones y medio ambiente.

### **V.5.2 Resumen de la Situación General que presenta el Proyecto en Materia de Riesgo Ambiental.**

A partir de la descripción del proyecto y el análisis de los posibles eventos de riesgo, se tiene que la situación general que presenta el proyecto en materia de riesgo ambiental es baja, dado que ninguno de los eventos de riesgo analizados implicará una afectación a la población o medio ambiente del proyecto.

No se detectó ninguna instalación o actividad actual de riesgo en la zona del proyecto, por lo que no se anticipa que los riesgos ambientales de la planta, puedan interactuar con otros en los alrededores de la misma.

La probabilidad de que un evento de considerable magnitud ocurra es muy remota, ya que las operaciones se darán en un ambiente de prevención y seguridad, pero de llegar a presentarse se implementarán los planes de respuesta a emergencia que se tendrán por parte de la empresa. Se tendrá disponible en el sitio los recursos humanos y materiales necesarios para responder en forma inmediata a cualquier posible evento de riesgo y se mantendrá un plan de comunicación eficiente a nivel interno y con las autoridades locales y de Protección Civil.

Por lo anterior, se concluye que el **Proyecto Minero Ixtaca es viable desde el punto de vista de riesgo, siempre y cuando se realice conforme los criterios, procedimientos y medidas de seguridad establecidos y recomendados.** Los riesgos potenciales identificados pueden ser atenuados o reducidos mediante la aplicación de los mejores criterios de diseño y construcción

de las obras y con prácticas seguras de operación consideradas en el proyecto y las recomendaciones emitidas en el presente estudio.

### **V.5.3 Informe Técnico debidamente llenado**

El informe técnico de riesgo se presenta en el **Anexo V.4**.

## **V.6. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que sustentan la información señalada en el Estudio de Riesgo Ambiental**

### **V.6.1. Formatos de Presentación**

#### *V.6.1.1. Planos de localización*

Todos los planos se integran dentro del Estudio de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) del Proyecto Minero Ixtaca.

#### *V.6.1.2. Fotografías*

Al ser el presente documento un adjunto del Estudio de Manifestación de Impacto Ambiental, se comparte la memoria fotográfica, no existiendo fotografías de las condiciones de proceso, toda vez que el proyecto no ha iniciado operaciones.

#### *V.6.1.3. Videos*

No se presenta videos.

#### *V.6.1.4. Otros anexos*

Anexo V.1 Hojas de datos de seguridad de materiales peligrosos.

- Cianuro de sodio y ácido cianhídrico.
- Cal viva (óxido de calcio).
- Hidróxido de sodio.
- Ácido clorhídrico 30%.
- Ácido nítrico al 65%.
- Polvo de zinc.
- Metabisulfito de sodio.
- Diesel.

Anexo V.2 Diagramas de tubería e instrumentación del proceso.

- DTI No. 550-00-01 Carbón en Pulpa (1/2), Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 550-00-02 Carbón en pulpa (2/2), Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 680-00-01 Detoxificación, Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 600-00-02 Espesamiento colas, Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No.600-00-03 Filtrado de Jales (Dry Stacking), Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 580-00-01 Desorción de Carbono, Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 580-00-02 Desorción y Regeneración de Carbono, Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 680-00-01 Detoxificación, Diagrama de Tubería e Instrumentación.
- DTI No. 800-00-05 Preparación de Cianuro e Hidróxido de Sodio, Diagrama de Tubería e Instrumentación.

- DTI No. 800-00-06 Manejo de Cal, Diagrama de Tubería e Instrumentación.

#### Anexo V.3 Memorias de cálculo de la simulación de eventos accidentales.

- Memoria de cálculo del Escenario EV-HCN-01.
- Memoria de cálculo del Escenario EV-HCN-02.
- Memoria de cálculo del Escenario EV-HCl-01.
- Memoria de cálculo del Escenario EV-HNO<sub>3</sub>-01
- Memoria de cálculo del Escenario EV-DIE-01 (algoritmo de cálculo integrado en el apartado correspondiente).
- Memoria de cálculo del Escenario EV-EXP-01 (algoritmo de cálculo integrado en el apartado correspondiente).

#### Anexo V.4 Informe Técnico del Estudio de Riesgo Ambiental del Proyecto Minero Ixtaca.

## ANEXOS

**Anexo V.1. Hojas de datos de seguridad de los reactivos químicos y combustible a utilizar en el proyecto**

## Anexo V.2. Diagramas de tubería e instrumentación del proceso



### **Anexo V.3. Memorias de cálculos de los escenarios accidentales**

## **Anexo V.4. Informe Técnico del Estudio de Riesgo Proyecto Minero Ixtaca**



CORPORACIÓN AMBIENTAL DE MÉXICO

Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.  
Patricio Sanz #1609, Torre 2, Piso 6  
Col. Del Valle Sur, Del. Benito Juárez  
Ciudad de México, C.P. 03100  
[mexico@cam-mx.com](mailto:mexico@cam-mx.com)  
Tels. +52 (55) 5538.0727  
+52 (55) 5538.4693

## CAPÍTULO VI. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

### Contenido

VI.1. Identificación de Impactos .....	3
VI.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales .....	4
VI.1.1.1. Listas de obras y actividades del proyecto.....	4
VI.1.1.2. Lista de parámetros ambientales .....	8
VI.1.1.3. Listas de verificación .....	16
VI.1.1.4. Matriz de interacción.....	22
VI.2. Caracterización de los impactos .....	26
VI.2.1. Indicadores de impacto y de cambio climático.....	28
VI.3. Valoración de impactos.....	30
VI.4. Impactos residuales.....	44
VI.5. Impactos acumulativos .....	45
VI.6. Conclusiones .....	46

### Tablas

Tabla VI-1. Definiciones de la LGEEPA y su REIA .....	4
Tabla VI-2. Actividades y obras del proyecto Ixtaca .....	4
Tabla VI-3. Descripción de los parámetros ambientales en el Proyecto Ixtaca .....	8
Tabla VI-4. Lista de verificación simple para la identificación de parámetros ambientales.....	16
Tabla VI-5 Matriz de interacción para la identificación de impactos.....	23
Tabla VI-6: Atributos de valoración de la Importancia.....	26
Tabla VI-7. Lista indicativa de indicadores de impacto .....	28
Tabla VI-8. Valoración de la importancia de los impactos ambientales identificados para el Proyecto.....	31
Tabla VI-9. Impactos residuales identificados para el Proyecto .....	44
Tabla VI-10. Impactos acumulativos identificados para el Proyecto .....	45
Tabla VI-11. Resumen de resultados de valoración de los impactos ambientales del Proyecto	47



## VI.1. Identificación de Impactos

Para identificar los impactos ambientales de cualquier proyecto deben desarrollarse tres acciones:

1. **Conocer el proyecto y sus alternativas:** Como se ha mencionado en el Capítulo II, este Proyecto consiste en la construcción de obras e instalación de infraestructura con la finalidad de aprovechar y beneficiar el mineral. La superficie que será impactada y requerida para las instalaciones es de 466 ha, equivalente a 44.64% de la superficie total del AP, el resto de la superficie, 578.02 ha, permanecerán como superficie libre, para la protección de instalaciones y seguridad de los procesos.
2. **Conocer el ambiente en el que se va a desarrollar el proyecto:** esta información ha sido presentada en el Capítulo IV, con base en el estado actual de los factores físico-naturales y socioeconómicos, que concluyen que, en lo que respecta al uso de suelo, si bien hay diez tipos de vegetación en la zona de estudio, los tipos predominantes de vegetación son agricultura anual – temporal y Bosque de pino ocupando el 38.60% y 22.22% de la superficie del SAR, respectivamente.

Considerando solo la vegetación natural (bosque de pino principalmente, bosque de táscate y bosque de pino -encino), está representada por el 34.32%, por otro lado, la superficie ocupada en el SAR por vegetación arbórea o arbustiva en alguna etapa de sucesión es de 15.77%. Aún con esta característica, la vegetación del SAR, sirve eficientemente para ajustar y mantener procesos ecológicos esenciales. Esto es, los flujos de materia y energía se mantienen, dando continuidad a los ciclos biogeoquímicos. Adicionalmente, en el AP se ha determinado que hay una degradación antropogénica preexistente en el área.

3. **Determinar las interacciones entre proyecto y ambiente:** se integra la información de los numerales 1 y 2 para identificar:
  - a) Los componentes del proyecto susceptibles de producir impactos significativos, acumulativos o sinérgicos;
  - b) Analizar el ambiente, en el contexto del SAR para identificar los factores ambientales que potencialmente pueden ser afectados por las acciones derivadas de los componentes del proyecto.

Lo anterior permitirá la identificación, caracterización y evaluación de esos efectos potenciales, ocasionados por el cambio de uso del suelo, construcción de obras (las incluidas en el proyecto Ixtaca), así como por las obras complementarias, actividades de operación y actividades altamente riesgosas de cada una de las etapas del Proyecto, mediante una relación causa–efecto.

Para realizar este ejercicio se consideraron los términos y definiciones presentados en la Tabla VI-1.

*Tabla VI-1. Definiciones de la LGEEPA y su REIA*

Termino	Definición	Instrumento	Artículo
Impacto ambiental	Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.	LGEEPA	Art. 3 fracción XX
Impacto ambiental acumulativo:	El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.	REIA	Art. 3 fracción VII
Impacto ambiental sinérgico	Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.		Art. 3 fracción VIII
Impacto ambiental significativo o relevante	Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.		Art. 3 fracción IX
Impacto ambiental residual	El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.		Art. 3 fracción X

### VI.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Para la identificación de los impactos ambientales que potencialmente ocasionará el Proyecto Ixtaca, se utilizaron las siguientes técnicas y metodologías.

#### VI.1.1.1. Listas de obras y actividades del proyecto

Esta lista es de utilidad ya que menciona de manera breve las actividades y obras que se van a realizar en cada etapa del Proyecto: agrupadas de acuerdo con las etapas del Proyecto: (i) preparación del sitio, PS; (ii) construcción, CO; (iii) operación y mantenimiento, OM, y; (iv) cierre y abandono, AB.

*Tabla VI-2. Actividades y obras del proyecto Ixtaca*

Etapa	ID	Obra/Actividad	Descripción
Preparación del Sitio (0.5 año)	01	Delimitación de áreas	Consiste en marcar en el terreno las áreas de trabajo indicadas en los planos de construcción, con la finalidad de facilitar la ejecución de los trabajos de identificación y rescate de especímenes de vegetación y fauna. La delimitación de áreas considera el cercado mediante alambre de púas, con hilo inferior liso, para no restringir el ingreso de fauna silvestre. Únicamente las zonas que limitan a la planta de beneficio, tajo, y caminos principales contarán con malla industrial.
	02	Marcaje y rescate de flora y fauna	El marcaje se realizará con cintas de color amarillo para los individuos que deben ser rescatados y con cintas de color azul para los individuos que deben respetarse en el caso de flora. Para el rescate de especies de fauna se tendrá una brigada que ahuyentará a las especies, realizará reubicación

Etapa	ID	Obra/Actividad	Descripción
			de nidos y rescatará a las especies de lento movimiento. Esta actividad no genera impactos.
	03	Desmante	Consiste en retirar de los sitios de obras, la vegetación (árboles, arbustos, hierbas) y se efectuará mediante maquinaria pesada. El producto del desmante será sujeto a trituración y depositado junto al suelo fértil rescatado.
	04	Rescate de suelo fértil y despalmes	Se efectuará la recuperación del suelo fértil en los sitios con condiciones propicias para después ser utilizado en la restauración de las diferentes obras mineras. Mediante medios mecánicos se retirará la capa superficial de 20 a 30 cm que representa la capa vegetal, amontonando en un extremo del frente de trabajo, para ser posteriormente cargado a las áreas de almacenamiento.
	05	Rehabilitación y construcción de caminos	Consiste en la rehabilitación con maquinaria, rellenando, aplanado o ampliando los caminos existentes y construyendo nuevos caminos para el acceso a todas las áreas de trabajo (se han contemplado un total de 22.1 km de caminos con un ancho variable de 4 hasta 8 m).
	06	Nivelaciones y compactación	Actividades que consisten en rellenar las superficies del terreno de las obras con materiales adecuados, posteriormente se procederá a la compactación con equipos y maquinaria. Esta acción debe hacerse en capas y con la ayuda de un pisón.
	07	Manejo de residuos	Generación, almacenamiento temporal, valorización y/o disposición final apropiada fuera del AP de los residuos sólidos urbanos y peligrosos durante la etapa de preparación de sitio.
	08	Emisiones a la atmósfera	Generación, control, monitoreo y liberación de gases y partículas hacia la atmósfera como resultado de las actividades inherentes a la etapa de preparación de sitio.
<b>Construcción (1 año)</b>	09	Obras para la gestión de agua	Consiste en la construcción de dos presas (FWD y WSD) para captar la escorrentía proveniente aguas arriba de la cuenca hidrográfica y contarán con una estación de bombeo y tubería para transferir el agua recolectada al sitio de la planta y a las comunidades.
	10	Infraestructura de Beneficio y Servicios	Consiste en la instalación de infraestructura en la que se realizará el procesamiento del mineral. Dentro de la planta de beneficio, se incluye el área para la instalación de las trituradoras primaria y secundaria, los laboratorios metalúrgicos, químicos y de ensayo. También se incluyen la construcción y/o instalación de edificios, oficinas móviles y consultorio, taller de mantenimiento, polvorines, almacenes de residuos peligrosos, área de tanques para almacenamiento de diésel, estacionamientos, entre otros elementos de servicios auxiliares localizados dentro del AP.
	11	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Construcción de una desviación para evitar el paso de tránsito pesado por la población de Santa María, además de un nuevo puente que cruce al Río Apulco, dicha obra contará con las características y especificaciones para soportar el peso de la maquinaria y equipo que se operará en el proyecto.
	12	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Consiste en la construcción de los caminos de acceso, los cimientos de las torres y las subestaciones, para la transmisión de la energía.
	13	Manejo de residuos	Generación, almacenamiento temporal, valorización y/o disposición final apropiada fuera del AP de los residuos sólidos urbanos y peligrosos durante la etapa de construcción.
	14	Emisiones a la atmósfera	Generación, control, monitoreo y liberación de gases y partículas hacia la atmósfera como resultado de las actividades inherentes a la etapa de construcción.
<b>Operación y Mantenimiento (11 años)</b>	15	Desarrollo del Tajo y Mina	Incluye el descapote del tajo para extraer el material rocoso estéril que cubre al cuerpo mineralizado, para lo cual se requiere fragmentar la roca con el uso de explosivos. Posteriormente, consiste en la perforación para el control de niveles del tajo (bancos, bermas, ángulos, rampas, profundidad); perforación de producción (perforación y voladuras).
	16	Disposición conjunta de jales y tepetates	Consiste en acomodo de la roca estéril o tepetate generado por el descapote del tajo, con el material que no cumpla con la ley de corte económico, y con los jales libres de cianuro y que se descarga en las áreas designadas para tal fin (tepetateras) con ayuda de maquinaria (topadoras y excavadora) que

Etapa	ID	Obra/Actividad	Descripción
			<p>empujará montones de tepetate sobre el borde del vertedero y también mantendrá las bermas, asegurando que el área de descarga esté limpia y libre de rocas grandes.</p> <p>Los jales resultantes del proceso serán filtrados y transportados en camiones y bandas a la tepetatera oeste donde serán apilados. Posteriormente, los jales serán transportados compactados y dispuestos dentro del área de la tepetatera. Posteriormente se colocará una capa de tepetate encima de los jales depositados.</p>
	17	Proceso de Beneficio del Mineral	<p>Incluye las operaciones de acarreo, trituración, lixiviación, recuperación de metales, detoxificación, espesamiento y filtrado de jales.</p> <p>La trituración se llevará a cabo en tres etapas secuenciales: La trituración primaria usará una trituradora de quijadas en circuito abierto. La trituración secundaria operará en circuito abierto usando un triturador de conos y una criba vibratoria para pre-clasificar la alimentación. El producto de la trituradora secundaria se cribará para remover material fino. Las partículas de mayor tamaño se enviarán al separador de mineral para rechazar estériles por medio de rayos X. La roca estéril expulsada se colocará en una pila de almacenamiento (stockpile) para su transporte a los tepetateras. El mineral concentrado del separador de mineral junto a los finos se transportará a las trituradoras terciarias. La etapa terciaria operará en circuito cerrado utilizando dos estaciones idénticas, cada una con una trituradora de conos y una criba vibratoria para pre-clasificar su alimentación.</p> <p>Las etapas de molienda y concentración gravitacional incluirán un circuito cerrado generando un concentrado gravitacional y un flujo de alimentación a flotación con un tamaño de partícula <math>P_{80}=75\mu\text{m}</math>.</p> <p>El concentrado gravitacional será lixiviado en un tanque de lixiviación con cianuración intensiva con capacidad para 12 horas de residencia. Primeramente, se adicionará una solución básica en forma de lechada de cal para mantener el pH entre 10.5 y 11.0, y posteriormente se adicionará la solución de cianuro de sodio para lixiviar el oro y plata. El producto final de lixiviación se envía a un circuito de Merrill-Crowe.</p> <p>Recuperación de metales se llevará a cabo mediante dos opciones: 1) Merrill-Crowe, la solución que contiene plata y oro se separa de la lechada de lixiviación mediante decantación en contracorriente. Para precipitar el oro y la plata, se agrega polvo de zinc a la solución clarificada y desaerada. El precipitado después se filtra de la solución y los sólidos restantes se funden en una barra de aleación doré. 2) Para la lixiviación de carbono en pulpa (CIP), los carbonos serán desorbidos, los metales contenidos en la solución de desorción serán electrodepositados en una celda electrolítica, y finalmente el cátodo de la celda electrolítica será fundido en una barra de metal doré</p> <p>La solución rica en valores minerales resultante de la etapa de desorción será circulada a las celdas de electrodeposición, a las cuales se les hará circular corriente eléctrica mediante un rectificador de corriente directa para que el oro y plata se electrodepositen en cátodos. Una vez que los cátodos se encuentren cargados, serán llevados a un tanque de remoción, donde se utilizará agua fresca a alta presión para desprender los lodos generados, los cuales se harán recircular por un filtro prensa. Los sólidos atrapados en el filtro se llevarán a un horno de secado a una temperatura de 400 °C, posteriormente se dejarán enfriar. Seguido del ciclo de enfriamiento, al concentrado se le adicionarán fundentes de bórax, carbonato de sodio y arena sílica y se introducirá en un horno a una temperatura de 600°C a 700°C donde será fundido para producir doré.</p> <p>La pulpa obtenida del <i>Lavado a Contra-Corriente (LCC)</i> será transferida a una batería de reactores de detoxificación, donde se eliminará cualquier contenido residual de cianuro. La batería de reactores estará constituida por dos tanques de agitación en serie, con una capacidad de 124 m<sup>3</sup> cada uno. La alimentación a esta batería de reactores será mediante <i>flujo continuo</i> de:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <i>Pulpa del Lavado a Contra-Corriente</i> con un rango de 40 a 50% de sólidos</li> <li>2) <i>Solución de Metabisulfito de Sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</i></li> <li>3) <i>Oxígeno enriquecido.</i></li> </ol>



Etapa	ID	Obra/Actividad	Descripción
			<p>4) <i>Lechada de cal para control del pH.</i></p> <p>La solución de Metabisulfito de Sodio utilizada tendrá una concentración del 20% en peso y será adicionada en la batería de reactores según sea necesario mediante un controlador analógico programable (PLC), el cual estará ubicado en el área de la batería de reactores para detoxificación y estará enlazado a un analizador de cianuro en línea. El analizador de cianuro en línea medirá el cianuro presente en la pulpa mediante el uso de dos sondas. Una sonda medirá el cianuro en la pulpa que ingresa al proceso de detoxificación y la segunda medirá la pulpa que sale del mismo.</p> <p>Los lodos finales provenientes de la etapa de lixiviación se mezclarán en un equipo de espesamiento con los jales de la etapa de flotación en la proporción aproximada de 15% y 85%, respectivamente. Es decir que el mayor volumen de jales corresponde a lodos que jamás han estado en contacto con cianuro. En términos más específicos, en un día de operación típico se producirán aproximadamente 5 525 toneladas de jales de flotación que se mezclarán homogéneamente con 975 toneladas de lodos detoxificados. En consecuencia, los jales finales estarán absolutamente libres de cianuro.</p> <p>El espesador descargará los jales finales con aproximadamente 50% a 55% de sólidos en peso. El reflujo inferior del espesante se filtrará para producir una torta de filtro que será apilada y luego se colocará en el tepetateras.</p> <p>Asimismo, se dará mantenimiento a las rutas para los camiones de acarreo, rampas y otros equipos dentro del tajo, así como en todas las rutas hacia la tepetatera y la trituradora primaria. A fin de que los caminos de acarreo estén libres de escombros y que se ajusten a los parámetros de diseño de las rutas para corte transversal y pendiente.</p>
	18	Manejo de residuos	<p>Generación, almacenamiento temporal, valorización y/ disposición final apropiada fuera del AP de los residuos sólidos urbanos y peligrosos durante la etapa de operación y mantenimiento.</p> <p>Respecto a la deposición de jales en la tepetatera oeste, las actividades de construcción, mantenimiento, monitoreo y operación correspondientes se desarrollarán conforme al plan y diseño establecidos para tal fin.</p>
	19	Emisiones a la atmósfera	<p>Generación, control, monitoreo y liberación de gases y partículas hacia la atmósfera como resultado de las actividades inherentes a la etapa de operación y mantenimiento.</p>
<b>Cierre y Abandono (1 año)</b>	20	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	<p>Se realizará el desmantelamiento y retiro de equipo e infraestructura relacionada con los sistemas relacionados con el beneficio del mineral e infraestructura tipo móvil de oficina y consultorio. Cierre, eliminación y relleno de todos los caminos de acceso, estanques, zanjas y áreas prestadas no requeridas más allá del cierre de la mina.</p>
	21	Actividades de cierre y restauración	<p>Se reforestarán áreas, se reubicará el suelo fértil, esto con el fin de propiciarle al suelo una mayor productividad y una mayor retención de humedad para que se generen el desarrollo de la masa forestal e inducir una cobertura vegetal con especies nativas. Estabilización a largo plazo de todos los materiales erosionables expuestos. Mejoras en el relieve de algunas obras tal como las tepetateras y Tajo.</p> <p>Como parte de las actividades posteriores al cierre de las operaciones, se considera la ejecución de monitoreos específicos para constatar la efectividad de ciertas medidas.</p>
	22	Manejo de residuos	<p>Generación, almacenamiento temporal, valorización y/o disposición final apropiada fuera del AP de los residuos sólidos urbanos y peligrosos durante la etapa de cierre y abandono.</p>
	23	Emisiones a la atmósfera	<p>Generación, control, monitoreo y liberación de gases y partículas hacia la atmósfera como resultado de las actividades inherentes a la etapa de cierre y abandono.</p>

*VI.1.1.2. Lista de parámetros ambientales*

Se ha utilizado como una herramienta de evaluación preliminar con la finalidad de identificar los factores y parámetros ambientales, indicadores, respecto al SAR y proporcionar información sobre la predicción y evaluación de impactos. Esta lista se detalla en la Tabla VI-3.

*Tabla VI-3. Descripción de los parámetros ambientales en el Proyecto Ixtaca*

Factor Ambiental	Parámetro Ambiental		Concepto	Comentarios respecto del SAR
<b>Suelo</b>	01	Tipo de Suelo	Se refiere a la clasificación edafológica en función de la composición y naturaleza de los suelos presentes.	Los tipos de suelo presentes en el proyecto (corresponde al tipo Leptosol y en menor proporción el de tipo Luvisol) se consideran muy variables; ambas unidades se encuentran actualmente alteradas de manera natural debido al bajo desarrollo y a la incidencia de fenómenos de erosión que merman su desarrollo; las unidades antes descritas se caracterizan por soportar en su superficie Bosques de táscate asociado a vegetación secundaria.
	02	Uso de Suelo	Se refiere a la vocación del suelo en términos de su potencial aprovechamiento antropogénico o de conservación.	Conforme a la información obtenida de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V, publicada por INEGI, en el SAR es posible identificar 10 tipos de vegetación, de las cuales el bosque de pino cubre 22.21% del SAR, la agricultura de temporal anual y permanente cubren un área de 19.30% y 19.29%, respectivamente, el pastizal inducido cubre un área del 11.30%. Estos valores dan una idea de la degradación del área. el resto de superficie es ocupado por vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate (14.68%) y bosque de pino encino con un 3.10%.
	03	Procesos Erosivos	Favorecimiento o inhibición de la degradación natural del suelo debido a factores externos.	Los resultados indican que el SAR presenta un grado de erosión diferenciado, pero con tres grados predominantes en porcentajes de cubrimiento El grado de erosión con mayor presencia es nula, con una cobertura de 4 742.61 ha (34.24% del total). Esta se presenta en el oeste del SAR y en manchones discontinuos en el norte y este. En esta categoría se pierden menos de 5 toneladas de suelo por hectárea al año.
	04	Calidad del Suelo	Se refiere a la modificación en la composición del suelo debido a la introducción de contaminantes externos.	De manera general los suelos son pobres en materia orgánica, con pocos carbonatos de calcio, sin problemas de salinidad, en las partes altas muy susceptibles a la erosión, poco aptos para la producción agropecuaria debido a pedregosidad, pendiente y bajos contenidos de nutrientes.
<b>Geología y Geomorfología</b>	05	Deslizamientos	Se relaciona con la probabilidad de ocurrencia de movimientos de derrumbes o arrastres intempestivos de material terreo y/o pétreo.	Debido a las características del tipo de relieve del terreno en donde se realizarán las actividades del Proyecto, presentan elevaciones con algunas pendientes abruptas, o rocas que pudieran desprenderse, presentando algunos fenómenos de desprendimiento de rocas, principalmente en temporada de lluvias.

Factor Ambiental	Parámetro Ambiental		Concepto	Comentarios respecto del SAR
	06	Relieves	Se refiere a las características topográficas del terreno.	Está conformado por numerosas sierras, largas y cortas, gran cantidad de cerros aislados, y un valle intermontañoso labrado por el río Apulco. Las sierras alcanzan de 300 a 600 metros de altura sobre el nivel del valle, recorren el municipio de Ixtacamaxtitlán de norte a sur transversalmente al valle, y presentan gran cantidad de ramificaciones. Sus cursos son accidentados y sus declives a los ríos que los bordean muchas veces son bastante abruptos. Existe gran cantidad de cerros aislados, como Los Ameles, El Campanario, Pílon, Los Cerritos, Techachala, La Clavera, Mixochiu al Norte, Cerro Grande al Sur, el Teotzin al oriente y Clananá al poniente
Hidrología	07	Cauces	Presencia y características físico-químicas de cuerpos de agua superficiales.	El SAR intersecta con escurrimientos permanentes (INEGI) sin embargo estos no serán afectados dado que no hay actividades del proyecto en esta superficie. Por otra parte, en el AP no hay corrientes permanentes y las corrientes intermitentes no se bloquearán, sino que desviarán su cauce, además se construirán obras de drenaje de acuerdo a los escurrimientos naturales que existan en la trayectoria del proyecto.
	08	Áreas de inundación	Favorecimiento o inhibición de la presencia de áreas susceptibles de acumular agua de origen fluvial o pluvial.	El municipio de Ixtacamaxtitlán tiene un valor muy bajo de riesgo a inundaciones.
	09	Calidad del agua superficial	Se refiere a la modificación en la composición de cuerpos de agua superficiales debido a la introducción de contaminantes externos.	No se tienen datos de la calidad de agua para el sistema ambiental, respecto a la calidad del agua dentro del área del proyecto se clasifica generalmente como neutra a ligeramente básica, dura a muy dura, las concentraciones de sólidos suspendidos totales, la turbidez varía en los sitios de muestreo, así como las concentraciones totales y disueltas de algunos metales (aluminio, cobre, hierro cromo y plomo) varían y en algunos sitios de muestreo exceden los límites permisibles de la Ley Federal de Derechos en Materia de Aguas Nacionales, y las NOM-127-SSA1-1994 y NOM-001-SEMARNAT-1996.
	10	Recarga media	Modificación en la disponibilidad del agua subterránea en una zona específica, así como de su capacidad para ser restituida de manera natural.	Como se ha mencionado el Proyecto no utilizará para ninguna de sus actividades ni para el proceso de beneficio agua subterránea. Con fines informativos se menciona que, de acuerdo con el balance de aguas subterráneas, la recarga total media anual que recibe el acuífero Tecolutla, es de 181.0 Mm <sup>3</sup> anuales, integrada por 14.9 Mm <sup>3</sup> anuales de entradas por flujo subterráneo, 79.3 Mm <sup>3</sup> anuales por recarga vertical a partir de agua de lluvia y 86.8 Mm <sup>3</sup> anuales por recarga inducida por los retornos de riego y las fugas en la red de distribución de agua potable.
	11	Manantiales, norias y pozos	Presencia de afloramientos naturales de agua subterránea u obras de perforación para aprovechamiento.	En el municipio de Ixtacamaxtitlán hasta la fecha de diciembre de 2012, se registraron 22 manantiales, como fuente de abastecimiento, ninguna hasta la fecha reportada fue creada por la Comisión Estatal o Nacional del Agua para uso público.

Factor Ambiental	Parámetro Ambiental		Concepto	Comentarios respecto del SAR
	12	Calidad del agua subterránea	Se refiere a la modificación en la composición de cuerpos de agua subterráneos debido a la introducción de contaminantes externos.	De manera general, las concentraciones de los diferentes iones y elementos no sobrepasan los límites máximos permisibles que establece la Norma Oficial Mexicana, para los diferentes usos. La concentración de sólidos totales disueltos presenta valores que varían de 154 a 914 ppm, que no sobrepasan el límite máximo permisible de 1 000 ppm establecido en la NOM-127-SSA1-1994 de STD para el agua destinada al consumo humano. De acuerdo al Informe de Prefactibilidad el agua subterránea en el área del proyecto se caracteriza generalmente como pH neutro a ligeramente básico, alcalino con una fuerte capacidad de amortiguación y dureza variada.
	13	Vulnerabilidad	Se refiere al estatus del acuífero y a su capacidad para mantenerse inalterado.	De acuerdo con información de INEGI (2018) el acuífero Tecolutla, no presenta déficit de disponibilidad de agua.
Atmósfera	14	Calidad del aire	Se refiere a la modificación en la composición del aire debido a la emisión de contaminantes externos, incluyendo la presencia de polvos fugitivos.	En el SAR hay actividades que generan emisiones a la atmósfera. Las actividades se relacionan principalmente con el transporte vehicular y quema de basura. Por otra parte, no se cuenta con estaciones de monitoreo para determinar la calidad del aire.
	15	Microclima	Se refiere a las características, dentro de una extensión reducida y homogénea, de los parámetros climáticos tales como temperatura, precipitación, fenómenos climáticos (tormentas, lluvias, granizadas, humedad, etc.).	No hay datos disponibles
	16	Macroclima	Se refiere a las características, en una región extensa, de los parámetros climáticos.	Conforme a la consulta de los datos emitidos por el INEGI (2010), las características más destacadas de las condiciones climáticas en el SAR son una escasa precipitación, presentándose básicamente un tipo de clima, Clima tipo C, clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw1)(w). Porcentaje de precipitación invernal menor de 5, lo anterior según la clasificación mundial de tipos de clima de Köppen, modificada por García (2004). La temperatura media anual es de 16.4°C.
	17	Ruido y vibraciones	Presencia de niveles de ruido y emisiones vibratorias perceptibles.	No hay fuentes que generen ruidos o vibraciones significativas en el SAR.

Factor Ambiental	Parámetro Ambiental		Concepto	Comentarios respecto del SAR
Vegetación	18	Riqueza de la vegetación	Número de especies vegetales presentes.	Durante los trabajos de campo, para la caracterización de la vegetación del SAR se identificó un total de 88 especies de flora, distribuidos en 29 familias. De manera general la diversidad presentada en el SAR fue media, debido a presencia de especies dominantes para cada tipo de vegetación que caracteriza a cada estrato y la homogeneidad de abundancia del resto de las especies. Las vegetaciones naturales presentes como son el bosque de pino y el bosque de táscate presentaron cierto grado de perturbación debido a la actividad antropogénica ya sea por presencia de agricultura o actividad ganadera que fue observada en el lugar y cuya alteración se puede evidenciar en el análisis por la presencia de especies de maleza. La vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate es la comunidad más diversa con más especies de malezas presentes, y se presenta como una comunidad en fase sucesional con tendencia a la recuperación de la vegetación natural pero que se ve frenada por la actividad agropecuaria.
	19	Abundancia de la vegetación	Número de individuos presentes de cada especie vegetal.	Las 88 especies de flora registradas para el SAR, están distribuidas en 29 familias. Las familias mejor representadas en abundancia son <i>Cupressaceae</i> (24%), <i>Pinaceae</i> (19%), <i>Fagaceae</i> (17 %) y <i>Asparagaceae</i> (11%). Para el AP se registraron un total de 60 especies pertenecientes a 19 familias florísticas, las cuales por abundancia las más representadas son <i>Pinaceae</i> (23%), <i>Cupressaceae</i> , <i>Asparagaceae</i> y <i>Fabaceae</i> con 18% cada una.
	20	Especies de vegetación en alguna categoría bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010	Correlación entre la riqueza, abundancia y distribución de especies vegetales en estatus de protección o riesgo.	De las 88 especies de vegetación reportadas en el SAR, 25 se consideran como endémicas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. <i>Cupressus lisitánica</i> , se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010, dentro de la categoría de protección especial (Pr). Dicha especie comúnmente es usada para reforestaciones y ornato además de ser utilizada para remedios medicinales. Además, fue posible identificar 20 especies de malezas indicadoras de ambientes alterados por la actividad humana de acuerdo al listado de CONABIO sobre Malezas de México.
	21	Distribución de vegetación	Presencia física de individuos vegetales dentro de un área determinada ya sea como hábitat o en tránsito.	La vegetación dominante presente en el SAR corresponde al bosque de pino ocupando una superficie de 3 077.66 ha equivalente al 22.21% de la superficie del SAR, el segundo tipo de vegetación corresponde a agricultura de temporal y agricultura de temporal y anual con una ocupación de superficies de 2 674.59 ha (19.30%) y 2 672.70 (19.29%), respectivamente. Para el AP el tipo de vegetación predominante corresponde a vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate ocupando una superficie de 678.46 ha equivalente al 64.99%.
	22	Usos y costumbres con especies de vegetación	Aprovechamiento de especies vegetales determinadas para algún fin antropogénico.	No se detectó el uso específico de una especie (recursos naturales)

Factor Ambiental	Parámetro Ambiental		Concepto	Comentarios respecto del SAR
Fauna	23	Riqueza de fauna	Número de especies animales presentes.	Se registraron un total de 117 especies (tanto en SAR como en AP), que corresponden a 6 anfibios, 15 reptiles, 25 mamíferos y 71 aves, distribuidas en 16 órdenes y 45 familias.
	24	Abundancia de fauna	Número de individuos presentes de cada especie animal.	Las especies animales más abundantes son: (i) herpetofauna: <i>Sceloporus mucronatus</i> , <i>Incilius occidentalis</i> , <i>Lithobates montezumae</i> , <i>Sceloporus jalapae</i> y <i>Crotalus ravus</i> ; (ii) mamíferos: cacomixtle ( <i>Bassariscus astutus</i> y zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ); (iii) aves: <i>Hirundo rustica</i> , dada la temporada de registro (lluvias) al tratarse de una especie migratoria, mientras que <i>Passer domesticus</i> y <i>Columba indica</i> son las especies más comunes de la región.
	25	Especies de fauna en alguna categoría bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010	Correlación entre la riqueza, abundancia y distribución de especies animales en estatus de protección o riesgo.	En el SAR únicamente se reportan nueve especies en alguna categoría de riesgo de las 107 especies registradas. Estas especies corresponden al grupo de herpetofauna y un mamífero, cinco consideradas en protección especial (Pr): <i>Lithobates montezumae</i> , <i>Barisia imbricata</i> , <i>Sceloporus grammicus</i> , <i>Plestiodon lynxe</i> y <i>Salvadora bairdi</i> , y cuatro especies en categoría de amenazadas (A): <i>Aquiloerycea cephalica</i> , <i>Crotalus ravus</i> , <i>Phrynosoma orbiculare</i> y <i>Glaucomyz volans</i> .  Mientras que, en el AP, se registraron siete especies en categoría de protección registradas y corresponden a herpetofauna y aves. En el caso de la herpetofauna: cuatro de ellas se consideran en categoría A: <i>Aquiloerycea cephalica</i> , <i>Crotalus ravus</i> y <i>Phrynosoma orbiculare</i> y <i>Tilmatura dupontii</i> , y tres en categoría de Pr: <i>Lithobates montezumae</i> , <i>Accipiter cooperii</i> y <i>Catharus mexicanus</i>
	26	Distribución de fauna	Presencia física de individuos animales dentro de un área determinada.	Las especies pueden ocupar grandes extensiones de territorio o estar restringidas a pequeñas regiones dado que dependen tanto de factores abióticos como bióticos. Las actividades humanas en determinadas regiones modifican las áreas de distribución de las especies, creando y destruyendo hábitats, estableciendo barreras y corredores y transportando accidental o voluntariamente a las especies a nuevos lugares.
	27	Usos y costumbres con especies de fauna	Aprovechamiento de especies animales determinadas para algún fin antropogénico.	No se detectó el uso específico de una especie (recursos naturales).
Socioeconómico	28	Servicios básicos	Existencia de infraestructura de servicios para proporcionar agua potable, energía eléctrica, manejo integral de residuos y aguas residuales.	Para el caso del Municipio de Ixtacamaxtitlán, el 96.56% cuenta con servicio de luz eléctrica, mientras que para el área del Proyecto Ixtaca en 2010 la población con este servicio representó el 95.45%. En el caso del agua, el municipio de Ixtacamaxtitlán en el periodo de 2010 las viviendas que disponen de agua entubada representan el 86.36%. El municipio de Ixtacamaxtitlán se abastece de aguas superficiales, la cabecera municipal tiene la concesión de la fuente de abastecimiento superficial ubicada en la comunidad de Santa María Zotoltepec.

Factor Ambiental	Parámetro Ambiental	Concepto	Comentarios respecto del SAR
	29	Comunicaciones Existencia de infraestructura de vías de comunicaciones tales como caminos, ferrocarril, puertos, aeropuertos, etc.	Las vías de comunicación a Ixtacamaxtitlán son varias: 1) Carretera secundaria procedente del estado de Tlaxcala atraviesa el municipio de Oeste a Este, 2) Carretera secundaria con dirección noroeste, 3) Carretera secundaria entra por el Norte y se ramifica; los dos ramales se dirigen hacia el Sur; 4) caminos de terracería y brechas. Respecto al servicio de transporte público es prestado por una línea de colectivos provenientes de la Ciudad de Apizaco Tlaxcala otro de ellos, proveniente de la ciudad de Libres, es una carretera pavimentada que recorre las comunidades del Municipio hasta comunicarse con el Estado de Tlaxcala, algunos caminos de terracerías y brechas comunican la cabecera municipal con las diferentes localidades. Los caminos que recorren las siguientes rutas: Principales Caminos y Carreteras del Municipio.
	30	Educación Existencia de infraestructura educativa como escuelas, centros académicos, de investigación, bibliotecas.	La población que asiste a la escuela de 6 a 14 años en el estado representa el 19.19%, para el municipio de Ixtacamaxtitlán es el 21% y para el área de influencia del Proyecto es de 32.91%.
	31	Salud Existencia y uso de infraestructura de servicios médicos como hospitales, clínicas, consultorios, etc.	En relación a la población que tiene derechohabencia en alguna institución pública o privada en el Municipio de Ixtacamaxtitlán sólo cuentan con este servicio de acceso a la salud el 42.53% de los habitantes. Los espacios para servicios a la salud disponibles en el Municipio de Ixtacamaxtitlán son: casa de Salud, Centros de Salud, Centro de Salud con Servicios Ampliados (CESSA), un Hospital Comunitario, General o de Especialidad.
	32	Vivienda Existencia de infraestructura habitacional.	Si bien existe una importante demanda por viviendas en las zonas urbanas de mayor crecimiento, en las zonas rurales se aprecia un importante aumento en el número de viviendas deshabitadas. En el municipio de Ixtacamaxtitlán el porcentaje de viviendas habitadas es de 73.4% vs área de influencia 67%. viviendas deshabitadas 11.6% y 18.84%, respectivamente.
	33	Telecomunicaciones y "espectro radioeléctrico" Existencia de infraestructura de servicios tales como teléfono, radio, internet, telégrafo, correo postal, etc.	Con base en el Censo de Población y vivienda elaborado por el INEGI, para el año 2010 nos muestra que, en de la zona de influencia el 32.02% no cuenta con un radio, sin embargo, en los hogares del área de influencia es el televisor, reportando un 77.27% del total de viviendas. En menor porcentaje cuentan con computadoras, teléfonos y el bien más escaso, no solo en el área de influencia, si no en el municipio y el estado es el internet. La telefonía celular gana terreno en estas comunidades. El proyecto Ixtaca utilizará comunicación mediante radios.
	34	Empleo y activación económica Proporción de la población económicamente productiva y detonación de actividades productivas y mercantiles.	No hay fuentes de empleo formal en las comunidades cercanas al proyecto. En el Municipio de Ixtacamaxtitlán las actividades del sector primario (agricultura, ganadería, silvicultura, apicultura, acuicultura, caza, pesca y explotación forestal) han crecido y representa el 72.8%.

Factor Ambiental	Parámetro Ambiental		Concepto	Comentarios respecto del SAR
	35	Actividades recreativas	Existencia de infraestructura de uso común como parques, deportivos, centros culturales, plazas públicas, teatros, etc.	Las actividades culturales están relacionadas a festividades de tipo religioso. Las actividades recreativas no hay una específica, sin embargo, las comunidades del área de influencia cuentan con su cancha de fútbol y/o básquet, así como son su iglesia siendo estos espacios de uso colectivo.
	36	Rasgos culturales	Características de la idiosincrasia de la población presente de la región.	El Municipio de Ixtacamaxtitlán es totalmente considerado rural por las características de su población y por su forma de organización social. Ixtacamaxtitlán no presenta ningún tipo de práctica prehispánica ni organización social distinta a la democrática nacional. Los usos y costumbres del Municipio son típicos de una población mexicana rural.
	37	Vestigios Arqueológicos	Presencia de ruinas o áreas con valor antropológico o catalogadas como de conservación para actividades de investigación antropológica.	En el AP se han encontrado sitios de interés arqueológico con vestigios (pinturas rupestres), que han sido estudiados y en proceso de liberación por el INAH.
	38	Grupos étnicos	Presencia real y activa de comunidades indígenas o con rasgos étnicos específicos y arraigados físicamente a la zona geográfica.	Para el Municipio de Ixtacamaxtitlán, el INEGI reporta que el 11.06% de la población es considerada indígena, mientras que para el área de influencia del Proyecto Ixtaca representa solamente el 2.3% de la población total, por lo que no se considera grupos étnicos.
	39	Demografía	Abundancia y densidad de la población en una zona determinada.	El Estado de Puebla, cuenta con 6 168 883 habitantes según la encuesta intercensal 2015, ocupando el 5to lugar a nivel nacional por su número de habitantes; tiene una densidad de población de 179.8 habitantes por km <sup>2</sup> . La distribución de población es 72% urbana y 28% rural; a nivel nacional el dato es de 78 y 22 respectivamente. Puebla tiene 34 309.1 km <sup>2</sup> , su territorio abarca el 1.7% del territorio Nacional. De manera particular para la población total de Ixtacamaxtitlán a partir de la encuesta intercensal 2015 es de 24 512 personas y refleja un decrecimiento del 3.21% de 2010 a 2015. El total de la población del área de influencia del proyecto Ixtaca es de 1 957 habitantes.
Paisaje	40	Calidad visual	Se refiere a la armonía natural del paisaje.	Los grados de calidad visual con mayor presencia en el SAR son media-baja y baja, ocupando el 60.26% y 38.24% del total del SAR respectivamente, mientras que las dos categorías restantes son media-alta y media, con porcentajes de 0.86% y 0.64% respectivamente. Estos resultados indican que la mayor parte del SAR presenta una baja calidad visual.
	41	Fragilidad visual	Se refiere a la capacidad del entorno de amortiguación de elementos ajenos al paisaje existente.	Los resultados obtenidos indican que el 100% del área del SAR (13 852.03ha) presenta una baja fragilidad paisajística, por lo que, según la metodología utilizada, el paisaje será poco susceptible a los cambios que puedan realizarse en él.



Factor Ambiental	Parámetro Ambiental		Concepto	Comentarios respecto del SAR
	42	Visibilidad	Se refiere a la extensión del terreno que puede apreciarse desde puntos de observación definidos en función del concepto de cuenca visual.	De acuerdo con los resultados del análisis de visibilidad, el 56.76% del total del SAR es impactado visualmente por el proyecto, debido principalmente a que gran parte del sistema está constituido por zonas montañosas fácilmente visibles desde los puntos seleccionados.
	43	Iluminación artificial	Se entiende como la presencia de luz a partir de medios no naturales y representa un medio de transformación visual al medio natural.	No hay fuentes de iluminación artificial en el SAR. Las comunidades más grandes cuentan con el servicio de energía eléctrica. Sin embargo, no se consideran significativas. Una vez autorizado el proyecto, se instalarán luminarias en las áreas de trabajo del AP.
Riesgo	44	Incendios	Probabilidad de ocurrencia de un evento de incendio por la actividad del proyecto.	En el SAR no se reportan incendios generados por actividades industriales (en la zona se reportan incendios forestales recurrentes). Las sustancias peligrosas que se manejarán en el proyecto tienen bajo riesgo de provocar un incendio (cianuro de sodio y ácido clorhídrico 30%). Sin embargo, es importante mencionar que el promovente implementará todas las medidas de prevención y seguridad para evitar este tipo de eventos, además capacitará a todo el personal que trabaje con sustancias peligrosas y áreas de riesgo. También hay riesgo de incendio (pool fire) por derrame en el tanque de almacenamiento de diésel en la estación de servicio.
	45	Explosiones	Probabilidad de ocurrencia de un evento de explosión por la actividad del proyecto.	En el SAR no hay actividades industriales que generen explosiones. De las sustancias que serán utilizadas en el proyecto existe riesgo por explosión del material explosivo manejado en el área de voladuras.
	46	Fugas y derrames	Probabilidad de ocurrencia de un evento de liberación de algún material, principalmente contaminante o peligroso, por la actividad del proyecto.	En el SAR no hay presencia de fugas o derrames de sustancias que causen daños a las personas o al ambiente. Las sustancias que pudieran remotamente presentar fuga o derrame son: soluciones cianuradas, las cuales se mantendrán en un circuito cerrado y el diésel. Ante alguna fuga o derrame se utilizará equipo y ropa de protección apropiados durante la limpieza, se ventilarán los espacios cerrados antes de entrar, se informará a la autoridad correspondiente, los derrames o residuos no serán vertidos al desagüe, al suelo o las corrientes de agua.

### VI.1.1.3. Listas de verificación

Con base en la información de las dos listas antes mencionadas, se desarrolló una lista de verificación basada en una lista de control simple propuesta por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en el año de 1990, con el fin de lograr la identificación simplificada de los parámetros ambientales que podrían verse afectados.

Esta tabla fue modificada, en función de la información relativa a la caracterización del medio físico-biológico-social (ver Tabla VI-4).

Tabla VI-4. Lista de verificación simple para la identificación de parámetros ambientales

TEMA	SÍ	PUEDEN SER	NO	COMENTARIOS
Formas del terreno ¿Producirá el proyecto:				
Pendientes inestables o terraplenes inestables?			X	No se generará este tipo de impactos ya que el promovente se asegurará de que cumpla con los criterios de ingeniería y calidad
Una amplia destrucción del desplazamiento del suelo?			X	Dado que el área donde se localiza el proyecto, es considerada de alta actividad sísmica la probabilidad de existencia es posible, sin embargo, las actividades del proyecto no consideran tal destrucción.
Impactos sobre terrenos agrícolas clasificados como de primera calidad o únicos?			X	En general los suelos son pobres en materia orgánica, poco aptos para la producción agropecuaria debido a pedregosidad, pendiente y bajos contenidos de nutrientes. Los suelos en general son Litosoles y Luvisoles
Cambios en las formas del terreno, zonas riverañas, cauces de cursos o riberas?	X			El proyecto si considera el cambio de relieves dada la naturaleza de las obras de tajo y tepetateras e instalaciones de disposición conjunta de jales y tepetate. Por otro lado, existen corrientes intermitentes que serán desviadas de acuerdo a los escurrimientos naturales, para captar y almacenar esta agua el proyecto considera la construcción de dos presas.
Destrucción, ocupación o modificación de rasgos físicos singulares?			X	En el sitio del proyecto no hay rasgos físicos singulares
Efectos que impidan determinados usos del suelo a largo plazo?			X	El promovente es propietario del 97.5% del predio en el que se encuentra el proyecto y representa 1 018 ha del total de 1 044.02 ha del AP, quedando pendientes únicamente 26 ha, aún en proceso de negociación.
Un incremento en los procesos erosivos?			X	De acuerdo con los resultados para en la estimación de los tipos de erosión para el AP tenemos que, el grado de erosión hídrica con mayor presencia es moderada, que cubre un área de 671.64 ha, que representan el 64.33% del total; para la erosión eólica el grado con mayor presencia es la moderada, que cubre un área total de 682.02 ha equivalentes al 65.33% en esta categoría se pierden de 10 a 50 toneladas de suelo/ha/año. Considerando que la aplicación de las medidas de prevención y mitigación se realizará en tiempo y forma no se espera un incremento en la cantidad de pérdida de suelo por procesos erosivos.
Aire/climatología ¿Producirá el proyecto:				
Emisiones contaminantes aéreos que excedan estándares estatales, federales o que provoquen deterioro de la calidad del aire?		X		El uso de vehículos y maquinaria con motores de combustión podría elevar la concentración de contaminantes atmosféricos, sin embargo, se buscará siempre cumplir con los niveles máximos permisibles para emisiones de acuerdo a la normatividad aplicable. El parámetro que podría afectarse es "Calidad del aire"
Olores desagradables?			X	La mayoría de las emisiones son gases y partículas suspendidas, por lo que no habrá olores desagradables.
Alteración de movimientos del aire, humedad o temperatura?	X			La operación del proyecto si causará este tipo de alteraciones solo en las áreas donde se realice el cambio de uso del suelo.

TEMA	SÍ	PUEDEN SER	NO	COMENTARIOS
Emisiones de contaminantes aéreos peligrosos regulados?			X	No, el proyecto no generará este tipo de emisiones.
Riesgo por explosiones		X		Existe riesgo por explosión del material explosivo manejado en el área de voladuras. Dado que se consideran 2 polvorines en los que el nitrato de amonio y los detonantes serán almacenados en forma separada se descarta este riesgo en esas instalaciones.
Agua ¿Producirá el proyecto:				
Vertidos a un sistema público de aguas?			X	El proyecto considera un circuito cerrado en donde el agua residual tratada al interior de la planta de beneficio será recirculada al proceso mismo, por lo que no existirán efluentes industriales o sanitarios descargados a ningún cuerpo receptor natural o artificial.
Cambios de las corrientes o movimientos de masas de agua dulce?	X			Sí, el proyecto considera la construcción de dos presas (FWD y WSD) para captar la escorrentía proveniente aguas arriba del tajo. Se contará con una estación de bombeo y tubería para transferir el agua recolectada al sitio de la planta y a las comunidades del Al.
Cambios en la infiltración, pautas de drenaje o el índice o cantidad de agua de escorrentía?			X	No, dado que se tienen consideradas medidas de prevención, mitigación y de restauración en todas las etapas del proyecto, a fin de atender los impactos ocasionados por el cambio de uso del suelo, y compactación de algunos terrenos superficies debido al paso de maquinaria pesada, no se considera una reducción en su permeabilidad, por lo tanto, no se verá afectada la recarga media del acuífero. En caso de ser necesario se modificarán las pautas de drenaje de las corrientes intermitentes a fin de aprovechar el recurso y mantener seguras las áreas de trabajo. Respecto a la cantidad de agua de escorrentía será de gran utilidad contar con infraestructura de almacenamiento ya que de esta forma se asegura la disponibilidad durante todo el año.
Alteraciones en el curso o en los caudales de avenidas?			X	No, el proyecto no intersecta escurrimientos permanentes, las corrientes intermitentes no serán bloqueadas, sino que se construyen obras de drenaje de acuerdo a los escurrimientos naturales que existan en el proyecto.
Represas, control o modificaciones de algún cuerpo de agua igual o mayor a 4 ha de superficie?			X	No se generará este tipo de impactos. No hay cuerpos de agua de esas dimensiones en el lugar donde se ubica el proyecto.
Vertidos de aguas superficiales o alteraciones de la calidad del agua considerando, pero no solo, la temperatura y la turbidez?			X	No, el proyecto no considera la descarga de aguas residuales.
Alteraciones de la dirección o volumen del flujo del agua subterránea?			X	No, como ya se mencionó, el proceso operativo del proyecto utilizará agua pluvial.
Alteraciones en la calidad del agua subterránea?			X	No, considerando las medidas de seguridad y prevención que serán instaladas y realizadas en la planta de beneficio, y las diferentes capacitaciones al personal no se considera descargas de ningún tipo que afecten este recurso.
Contaminación de las reservas públicas de agua?			X	No, ya que el proyecto no considera ningún tipo de descarga sobre cuerpos de agua o al suelo.
Infracción de los criterios ecológicos de calidad de agua, si fuesen de aplicación?			X	No aplicable al proyecto
Instalándose en un área inundable fluvial o litoral?			X	No, el municipio de Ixtacamaxtitlán tiene un bajo riesgo a inundaciones.
Riesgos de exposición de personas o bienes a peligros asociados al agua tales como las inundaciones			X	No, el municipio de Ixtacamaxtitlán tiene un bajo riesgo a inundaciones.

TEMA	SÍ	PUEDER SER	NO	COMENTARIOS
Instalaciones en una zona litoral sometida a un Plan de gestión			X	No aplicable al proyecto.
Impacto sobre o construcción de un humedal o llanura de inundación?			X	No, el sitio donde se localiza el proyecto no presenta estas características.
Residuos sólidos ¿Producirá el proyecto:				
Residuos sólidos o basuras en volumen significativo?	X			Si, el proyecto producirá una cantidad significativa de este tipo de residuos, los cuales tendrán un manejo y disposición según la normatividad aplicable.
Ruido ¿Producirá el proyecto:				
Aumento de los niveles sonoros previos?	X			Debido al empleo de maquinaria y equipo, por la naturaleza de las actividades, se espera la generación de ruidos considerables en el las áreas de trabajo y las áreas circundantes. "Ruido y vibraciones"
Mayor exposición de la gente a ruidos elevados?		X		Los trabajadores principalmente estarán expuesto a una mayor cantidad de ruido durante el desarrollo de sus actividades, pero utilizarán las medidas de seguridad y protección por norma, en el caso de las localidades, las más cercanas se encuentran aproximadamente a dos km de distancia por lo que se considera que el ruido no será un problema para éstas.
Vida vegetal ¿Producirá el proyecto:				
Cambios en la diversidad o productividad en el número de algunas especies de plantas?			X	Las actividades del proyecto no ponen en riesgo la diversidad o productividad de las especies de flora registradas en SAR y AP, ya que habrá actividades de rescate y reubicación de ejemplares de flora y actividades de reforestación con especies de la región.
Reducción del número de individuos?		X		Es probable que haya una disminución mínima de ejemplares de flora, ya que solo se rescatarán aquellos que tienen potencial de sobrevivir.
Introducción de especies nuevas dentro de la zona o creará una barrera para el normal desarrollo pleno de las especies existentes?			X	No, las actividades del proyecto no incluyen la introducción de nuevas especies. La compra de planta o producción de planta en el vivero y/o camas de siembra será únicamente de especies de la región, las cuales se utilizarán para reforestar.
Reducción o daño en la extensión de algún cultivo agrícola?		X		El tipo de vegetación predominante en el AP corresponde a vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate 64.99%, vegetación de agricultura de temporal anual y agricultura de temporal anual y permanente, 18.35% y 8.51%, respectivamente, finalmente el ultimo tipo de vegetación corresponde a pastizal inducido ocupando 8.10%. De acuerdo a lo anterior, tenemos que en el 35% de la superficie de AP podría reducirse el cultivo agrícola. Sin embargo, recordemos que el promovente es propietario del 97.5% del terreno en el que se ubica el proyecto y actualmente no se realizan actividades agrícolas en estos sitios.
Vida animal ¿El proyecto:				
Reducirá el hábitat número de individuos de alguna especie animal considerada como única, rara o en peligro?		X		Es posible, sin embargo, previo a todas las actividades se realizará el rescate y reubicación de especies de fauna, incluidas las de lento desplazamiento a lugares con similares características. NO hay especies consideradas como únicas o raras, pero si normadas, para minimizar este impacto se realizarán las actividades de rescate y reubicación.
Introducirá nuevas especies animales en el área o creará una barrera a las migraciones o movimientos de los animales terrestres?			X	No, las actividades del proyecto no incluyen la introducción de nuevas especies ni impiden la migración o movimientos de animales.
Provocará la atracción o la invasión o atrapará la vida animal?			X	No, las actividades del proyecto no contemplan daño alguno a la vida animal.

TEMA	SÍ	PUEDEN SER	NO	COMENTARIOS
Dañará los hábitats naturales y de peces?	X			Dado que se realizará cambio de uso del suelo se destruirán hábitats de algunas especies terrestres, para minimizar este impacto se propone el rescate y reubicación de especies en sitios con similares condiciones. Por otra parte, en el sitio de proyecto no existen cuerpos de agua permanentes por lo tanto no se afectará a ningún tipo de fauna acuática.
Provocará la emigración generando problemas de interacción entre los humanos y los animales?			X	No, el proyecto no generará este tipo de impactos.
Usos del suelo. ¿El proyecto:				
Alterará sustancialmente los usos actuales o previstos del área?	X			Si, el proyecto demanda un uso de suelo para realizar actividades asociadas a la minería. Se requiere autorización para el cambio del uso de suelo forestal a uso industrial.
Provocará un impacto sobre un elemento de los sistemas de áreas naturales protegidas?			X	No se generará este tipo de impactos. El proyecto no se ubica dentro de algún ANP.
Recursos naturales ¿El proyecto:				
Aumentará la intensidad del uso de algún recurso natural?	X			Sí, el recurso mineral a explotar.
Destruirá parcialmente algún recurso reutilizable?			X	No se generará este tipo de impactos.
Se situará en un área natural protegida?			X	No, el proyecto no se ubica dentro de algún ANP.
Energía ¿El proyecto:				
Utilizará cantidades considerables de combustible o energía?			X	No.
Aumentará considerablemente la demanda de las fuentes actuales de energía?			X	No, para abastecer el proyecto de energía eléctrica se construirá una línea de transmisión de CFE que abastecerá al proyecto. Además, el proyecto contará con una planta eléctrica en el sitio que será utilizada en caso de emergencia.
Transporte y flujos de tráfico ¿Producirá el proyecto:				
Un movimiento adicional de vehículos?	X			Si, la operación del proyecto requerirá de la entrada de insumos, el desplazamiento del personal operativo para entrar y salir del proyecto, además del desplazamiento de personal para la supervisión de todas las actividades.
Necesitará nuevos estacionamientos?			X	No, el proyecto en el diseño de sus obras ya considera un área específica para estacionar los vehículos.
Un impacto considerable sobre los sistemas actuales de transporte?			X	No, el personal operativo se trasladará en vehículos propios del promotor o de contratistas.
Alteraciones sobre las pautas actuales de circulación y movimiento de gente y/o bienes?	X			Si, habrá mayor número de vehículos en circulación y un incremento de personas viviendo en la localidad de Santa María Zotoltepec y San Francisco Ixtacamaxtitlán.
Un aumento de los riesgos de tráfico para vehículos motorizados, bicicletas o peatones?			X	No, el proyecto considera construir un camino interno con el fin de mantener la seguridad de los pobladores, conductores y peatones, sobre los caminos que conectan a las localidades y las calles principales de las localidades.
La construcción de caminos nuevos?	X			Sí, el proyecto considera la construcción de un camino alternativo para el tránsito de vehículos, los cuales son necesarios para el ingreso de personal, insumos y materiales para la construcción y operación de la Mina. Dado que su competencia corresponde a otros promoventes la presente solicitud de autorización NO incluye esta obra.

TEMA	SÍ	PUEDER SER	NO	COMENTARIOS
Servicio público ¿Tendrá el proyecto un efecto sobre la demanda de servicios públicos nuevos o de distinto tipo en alguna de las siguientes áreas?:				
Protección contra incendios?			X	No se generará este tipo de impactos.
Escuelas?			X	No se generará este tipo de impactos.
Otros servicios de la administración pública?		X		Es posible que se requieran servicios de agua, drenaje, servicios de salud, internet y telefonía.
Infraestructuras ¿El proyecto producirá una demanda de sistemas nuevos o de distinto tipo de las siguientes infraestructuras?				
Energía y gas natural?	X			Si, el proyecto considera la modificación al trazo de la línea de transmisión eléctrica actual, dado que su competencia corresponde a otros promoventes la presente solicitud de autorización NO incluye esta obra. No se requiere infraestructura para gas natural.
Sistemas de comunicación?		X		La comunicación dentro del AP será mediante radios. Sin embargo, también se utilizan los teléfonos celulares en las comunidades. Es importante señalar que la recepción no es buena, por lo que se pudiera considerar la instalación de alguna antena que facilite este servicio y el de internet.
Agua?	X			Si, el Proyecto Ixtaca incorpora la construcción de dos presas (FWD y WSD). La presa FWD tendrá una capacidad estimada de 300 000 m <sup>3</sup> y la presa WSD tendrá capacidad para almacenar 1.8 Mm <sup>3</sup> de agua pluvial de la zona, lo cual contribuirá no solo a satisfacer los requerimientos del proyecto, sino también permitirá el abastecimiento a las comunidades cercanas.
Saneamiento o fosas sépticas?			X	No, el proyecto considera la contratación del servicio integral de baños portátiles, así como la operación de una planta de tratamiento de aguas residuales.
Redes de aguas blancas o pluviales?	X			Si, como ya se mencionó el agua pluvial será suministrada por una red de tuberías a la planta de proceso y a las comunidades.
Población ¿El proyecto:				
Alterará la ubicación o distribución de la población humana en el área?		X		Es posible que la distribución de la población se altere en las localidades de Santa María Zolotepec y San Francisco Ixtacamaxtitlán dado que son las localidades más grandes y que cuentan con el mayor número de servicios.
Riesgo de accidentes ¿El proyecto:				
Implicará riesgos de explosión o escapes de sustancias potencialmente peligrosas incluyendo, productos químicos, radiación u otras sustancias tóxicas en el caso de un accidente o situación de emergencia?	X			Si, el proyecto presenta riesgo de incendio (pool fire) por derrame en el tanque de almacenamiento de diésel en la estación de servicio, riesgo por explosión del material explosivo manejado en el área de voladuras y riesgo de fuga o derrame de soluciones cianuradas y diésel.
Salud humana ¿El proyecto:				
Crearé algún riesgo real o potencial para la salud?			X	No, el proyecto no generará este tipo de impactos.
Expondrá a la gente a riesgos potenciales para la salud?			X	No, el proyecto no generará este tipo de impactos.
Economía ¿El proyecto:				

TEMA	SÍ	PUEDA SER	NO	COMENTARIOS
Tendrá algún efecto adverso sobre las condiciones económicas locales o regionales, por ejemplo: turismo, niveles locales de ingresos, valores del suelo o empleo?			X	No, al contrario. El proyecto generará fuentes de empleo, con lo que habrá un proceso de activación económica, generación de empleos directos e indirectos.
Reacción social ¿Es este proyecto:				
Conflicto en potencia?	X			Dado que es el primer proyecto de minería de oro y plata en el Estado de Puebla, se prevé la inconformidad de ONG y grupos opositores que han tenido contacto con las localidades cercanas al proyecto con información imprecisa, pudiendo haber derivado en una percepción de inconformidad en algunas de las localidades.
Una contradicción respecto a los planes u objetivos ambientales que se han adoptado a nivel local?			X	El municipio de Ixtacamaxtitlán no cuenta con un Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio por lo que no hay una política o criterios restrictivos para la actividad minera. Por lo cual se utiliza como referencia el POEGT, en el cual se destaca que la actividad minera tiene alta importancia como coadyuvante y asociados al desarrollo en las unidades ambientales biofísicas en las que se encuentra inmerso el proyecto (UAB 117 y 57).
Estética ¿El proyecto:				
Cambiará una vista escénica o un panorama abierto al público?	X			El 56.76% del total del SAR es impactado visualmente por el proyecto, debido principalmente a que gran parte del sistema está constituido por zonas montañosas fácilmente visibles desde los puntos seleccionados, este impacto permanecerá durante la vida operativa del proyecto. Sin embargo, se resalta que las actividades de restauración se aplicarán antes del cierre del proyecto, de esta forma se pretende minimizar los impactos de paisaje y relieve.
Crearé una ubicación estéticamente ofensiva o calidad visual (por ejemplo; fuera de lugar con el carácter o el diseño del entorno)?	X			Es el valor del recurso visual que, según cada caso, puede alcanzar mérito o no para ser conservado o protegido. Para realizar este análisis se evaluaron diferentes componentes que hacen atractivo a un paisaje. De acuerdo al análisis de paisaje, el SAR y AP en su mayoría presenta una baja calidad visual.
Cambiará significativamente la fragilidad visual o el carácter del entorno próximo?			X	No, dado que la fragilidad visual se entiende como el grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas acciones, el SAR y AP presentan una baja fragilidad paisajística, por lo que, el paisaje será poco susceptible a los cambios que puedan realizarse en él.
Arqueología, cultura e historia ¿El proyecto:				
Alterará sitios, construcciones, objetos o edificios de interés arqueológico, cultural o histórico, ya sean incluidos o con condiciones para ser incluidos en el Catálogo Nacional?			X	No, el promovente dará aviso a las instancias correspondientes una vez que encuentre sitios con estas características con la finalidad de que se determine su conservación o su liberación.
Residuos peligrosos ¿El proyecto:				
¿Implicará la generación, transporte, almacenaje o eliminación de algún residuo peligroso regulado?	X			Si, todas estas actividades se realizarán conforme a las leyes y normas aplicables según el tipo de residuos.

#### VI.1.1.4. Matriz de interacción

Para la caracterización de los impactos se acude inicialmente a la elaboración de una matriz de interacción, como paso previo a asociar las obras y actividades particulares del proyecto con el parámetro ambiental que potencialmente podrá resultar afectado.

A partir de la Tabla VI-2 se reconocen 23 actividades, como generadoras de un impacto potencial sobre 46 parámetros ambientales, correspondientes a 10 factores ambientales (ver Tabla VI-3).

Se identificaron los parámetros ambientales que pueden ser impactados (de forma positiva o de forma negativa) por cada una de las actividades del Proyecto en su respectiva etapa, para ello, en las columnas de la matriz se enuncian las actividades del Proyecto por cada una de sus etapas, mientras que las filas se enlistan los parámetros ambientales que presumiblemente se considera pueden verse impactados por una o más de las actividades. Cuando se determine que existe la probabilidad de que una actividad determinada provoque un cambio en un parámetro ambiental, esta interacción (celda de la matriz) es identificada. Es a partir de esta identificación que se permite la posterior valoración de dichos impactos, de acuerdo a los atributos, escalas de valoración y factores de ponderación. La estructura de esta matriz de interacción obedecerá a lo siguiente:

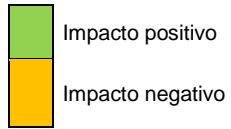
		Actividades del Proyecto		
		Aj	...	Am
Parámetros Ambientales afectados	Pi	Interacciones entre parámetros (Pi) y actividades (Ai)		
	⋮			
	Pn			

La matriz de interacción resultante para el Proyecto, basada en las listas de actividades y parámetros ambientales, se muestra en la Tabla VI-5. A cada una de las interacciones se le dio una clave que está compuesta por las dos primeras letras de la etapa donde se presenta seguida de un número consecutivo; e.g., PS-01 corresponde a la interacción 1 de la etapa de preparación de sitio. De acuerdo con la matriz de interacción, se tienen un total de 1 058 interacciones. Sin embargo, no todos los parámetros interactúan con todas las actividades.

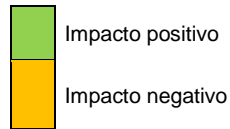
El resultado del análisis de interacciones derivó en la identificación de aquellas para las cuales se detectó alguna modificación sobre parámetros específicos debidos a la ejecución de actividades en particular, lo cual se consideró como un impacto ambiental potencial. En la matriz de interacción se muestra el resultado de este análisis, identificándose un total de 178 interacciones potenciales, de las cuales 59 se presentan en la etapa de preparación del sitio, 39 en la etapa de construcción, 47 durante la etapa de operación y mantenimiento y 33 para la etapa de abandono.



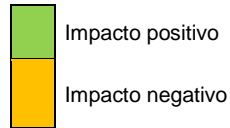
Tabla VI-5 Matriz de interacción para la identificación de impactos



			ACTIVIDADES POR ETAPA DEL PROYECTO																								
			Preparación de Sitio								Construcción						Operación y Mantenimiento					Cierre y Abandono					
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
FACTOR AMBIENTAL		PARÁMETRO AMBIENTAL	Delimitación de áreas	Marcaje y rescate de flora y fauna	Desmonte	Rescate de suelo fértil y despalme	Rehabilitación y construcción de caminos	Nivelaciones y compactación	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera	Obras para la gestión de agua	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera	Desarrollo del Tajo y Mina	Disposición conjunta de jales y repetates	Proceso de Beneficio del Mineral	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	Actividades de cierre y restauración	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera		
<b>Medio Físico</b>	<b>Suelo</b>	01 Tipo de Suelo				PS001	PS002	PS003			CO001							OM001	OM002						AB001		
		02 Uso de Suelo			PS004		PS005	PS006											OM003				AB002	AB003			
		03 Erosión			PS007									CO002	CO003			OM004	OM005					AB004			
		04 Calidad del Suelo																						AB005			
	<b>Geología y Geomorfología</b>	05 Deslizamientos																OM006	OM007					AB006			
		06 Relieves						PS008										OM008	OM009					AB007			
	<b>Hidrología</b>	07 Cauces						PS009										OM010	OM011								
		08 Áreas de inundación																OM012									
		09 Calidad del agua superficial			PS010																						
		10 Recarga media			PS011			PS012			CO004	CO005						OM013							AB008		
		11 Manantiales, norias y pozos																OM014	OM015								
	<b>Atmósfera</b>	12 Calidad del agua subterránea																									
		13 Vulnerabilidad			PS013			PS014				CO006					OM016								AB009		
		14 Calidad del aire			PS015					PS016			CO007	CO008			OM017	OM018	OM019		OM020	AB010	AB011		AB012		
		15 Microclima			PS017					PS018	CO009					CO010					OM021			AB013		AB014	
		16 Macroclima																									



			ACTIVIDADES POR ETAPA DEL PROYECTO																									
			Preparación de Sitio								Construcción						Operación y Mantenimiento						Cierre y Abandono					
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
FACTOR AMBIENTAL		PARÁMETRO AMBIENTAL	Delimitación de áreas	Marcaje y rescate de flora y fauna	Desmonte	Rescate de suelo fértil y despalme	Rehabilitación y construcción de caminos	Nivelaciones y compactación	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera	Obras para la gestión de agua	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera	Desarrollo del Tajo y Mina	Disposición conjunta de jales y tepalcates	Proceso de Beneficio del Mineral	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	Actividades de cierre y restauración	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera			
	17	Ruido			PS019	PS020	PS021	PS022			CO011	CO012	CO013	CO014			OM022	OM023	OM024			AB015	AB016					
Medio Biológico	Vegetación	18	Riqueza de la vegetación		PS023	PS024																			AB017			
		19	Abundancia de la vegetación		PS025	PS026																				AB018		
		20	Especies de vegetación en alguna categoría de protección		PS027	PS028																						
		21	Distribución de vegetación		PS029	PS030																				AB019		
		22	Usos y costumbres con especies de vegetación																									
Medio Biológico	Fauna	23	Riqueza de fauna		PS031	PS032																						
		24	Abundancia de fauna		PS033	PS034																						
		25	Especies de fauna en alguna categoría de protección		PS035	PS036																						
		26	Distribución de fauna		PS037	PS038																						
		27	Usos y costumbres con especies de fauna																									
Medio Social	Socioeconómico	28	Servicios básicos					PS039																				
		29	Comunicaciones					PS040																				
		30	Educación																									
		31	Salud																									
		32	Vivienda																									
		33	Telecomunicaciones y "espectro radioeléctrico"																									



			ACTIVIDADES POR ETAPA DEL PROYECTO																						
			Preparación de Sitio								Construcción						Operación y Mantenimiento						Cierre y Abandono		
			Delimitación de áreas	Marcaje y rescate de flora y fauna	Desmonte	Rescate de suelo fértil y despalme	Rehabilitación y construcción de caminos	Nivelaciones y compactación	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera	Obras para la gestión de agua	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera	Desarrollo del Tajo y Mina	Disposición conjunta de jales y tepalcates	Proceso de Beneficio del Mineral	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	Actividades de cierre y restauración	Manejo de residuos	Emissiones a la atmósfera
FACTOR AMBIENTAL		PARÁMETRO AMBIENTAL	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	34	Empleo y activación económica	PS041	PS042	PS043	PS044	PS045	PS046	PS047		CO015	CO016	CO017	CO018	CO019		OM025	OM026	OM027	OM028		AB020	AB021	AB022	
	35	Actividades recreativas																							
	36	Rasgos culturales					PS048																		
	37	Vestigios Arqueológicos															OM029								
	38	Demografía					PS049	PS050			CO020	CO021	CO022	CO023			OM030	OM031	OM032			AB023	AB024		
Paisaje	39	Calidad Visual			PS051								CO024	CO025			OM033	OM034					AB025		
	40	Fragilidad visual			PS052												OM035	OM036					AB026		
	41	Visibilidad			PS053						CO026	CO027	CO028	CO029			OM037	OM038					AB027		
	42	Iluminación artificial					PS054					CO030	CO031				OM039	OM040	OM041			AB028	AB029		
Riesgo	43	Inundaciones									CO032						OM042								
	44	Incendios			PS055				PS056			CO033			CO034			OM043	OM044			AB030		AB031	
	45	Explosiones												CO035			OM045								
	46	Fugas y derrames					PS057	PS058	PS059		CO036	CO037		CO038	CO039				OM046	OM047		AB032		AB033	

## VI.2. Caracterización de los impactos

El criterio adoptado para desarrollar una primera aproximación acerca de la selección de aquellos impactos que, por sus características pudieran identificarse como significativos, se procedió a determinar la importancia de todas las interacciones, a partir de una valoración cualitativa, que consiste en obtener una estimación de los posibles efectos que recibirá el ambiente, mediante una descripción lingüística de las propiedades de tales efectos.

A partir de la matriz de identificación de impactos (presentados en la Tabla VI-5) se llevó al cabo la caracterización de cada una de las interacciones, en función de su Importancia (I), que a su vez se determina mediante la calificación de una serie de atributos. Estos atributos y la escala de valoración para cada uno de ellos se muestran en la siguiente Tabla VI-6.

Tabla VI-6: Atributos de valoración de la Importancia

Atributo	ID	Descripción	Escala de valoración (CONESA, 2003)	Factor de ponderación*
<b>Naturaleza</b>	NT	Hace referencia al carácter benéfico o perjudicial del impacto.	Benéfico (+) +1 Perjudicial (-) -1	-
<b>Intensidad</b>	IN	Expresa el grado de incidencia de la acción sobre el parámetro, que puede considerarse desde un efecto mínimo hasta la destrucción total del parámetro.	Baja 1 Media 2 Alta 4 Muy Alta 8 Total 12	3.6
<b>Extensión</b>	EX	Representa el área de influencia esperada en relación con el entorno del Proyecto, que puede ser expresada en términos porcentuales. Si el área está muy localizada, el impacto será puntual, mientras que si el área corresponde a todo el entorno el impacto será total.	Puntual 1 Parcial 2 Extenso 4 Total 8	2.4
<b>Momento</b>	MO	Se refiere al tiempo que transcurre entre el inicio de la acción y el inicio del efecto que ésta produce. Puede expresarse en unidades de tiempo, generalmente años, y suele considerarse que el Corto Plazo corresponde a menos de un año, el Medio Plazo entre uno y cinco años, y el Largo Plazo a más de cinco años.	Largo plazo 1 MO > 5 años  Medio plazo 2 1 año < MO < 5 años  Inmediato 4 MO < 1 años	0.8
<b>Persistencia</b>	PS	Se refiere al tiempo que se espera que permanezca el efecto desde su aparición. Puede expresarse en unidades de tiempo generalmente en años, y suele considerarse que es <i>Fugaz</i> si permanece menos de un año, el <i>Temporal</i> si lo hace entre uno y diez años, y el <i>Permanente</i> si supera los diez años.  La persistencia no es igual que la reversibilidad ni que la recuperabilidad, aunque son conceptos asociados: Los efectos fugaces o temporales siempre son reversibles o recuperables; los efectos permanentes siempre son reversibles o	Fugaz 1 PS < 1 año  Temporal 2 1 año < PS < 10 años  Permanente 4 PS > 10 años	0.4

Atributo	ID	Descripción	Escala de valoración (CONESA, 2003)	Factor de ponderación*
		irreversibles, recuperables o irrecuperables.		
<b>Reversibilidad</b>	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstruir el parámetro ambiental afectado por medios naturales, y en el caso que sea posible, al intervalo de tiempo que se tardaría en lograrlo; si es menos de un año se considera el <i>Corto Plazo</i> ; entre uno y diez años se considera el <i>Mediano Plazo</i> , y si se superan los diez años se considera <i>Irreversible</i> .	No aplica 0 Corto plazo 1 RV < 1 año Medio plazo 2 1 año < RV < 10 años Irreversible 4 RV > 10 años	0.4
<b>Sinergia</b>	SI	Se dice que dos efectos son sinérgicos si su manifestación conjunta es superior a la suma de las manifestaciones que se obtendrían si cada uno de ellos actuase por separado (la manifestación no es lineal respecto a los efectos). Puede visualizarse como el reforzamiento de dos efectos simples; si en lugar se reforzarse los efectos se debilitan, la valoración de la sinergia debe de ser negativa.	Sin sinergismo 1 Sinérgico 2 Muy sinérgico 4	0.4
<b>Acumulación</b>	AC	Si la presencia continuada de la acción produce un efecto que crece con el tiempo, se dice que el estudio es acumulativo.	Simple 1 Acumulativo 4	0.4
<b>Relación Causa-Efecto</b>	EF	La relación causa-efecto puede ser directa o indirecta; es Directa si es la acción misma la que origina el efecto, mientras que es Indirecta si es otro efecto el que lo origina, generalmente por la interdependencia de un factor ambiental sobre otro.	Indirecto (secundario) 1 Directo (primario) 4	0.4
<b>Periodicidad</b>	PR	Se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, pudiendo ser periódico, continuo, o irregular.	Irregular o aperiódico y Discontinuo 1 Periódico 2 Continuo 4	0.4
<b>Recuperabilidad</b>	MC	Se refiere a la posibilidad de reconstruir el parámetro ambiental afectado por medio de la intervención humana. Puede expresarse en unidades de tiempo, generalmente años, De manera inmediata si corresponde a menos de un año, a Mediano Plazo entre uno y diez años, y Mitigable a más de 10 años hasta los 60.	No Aplica 0 De manera inmediata 1 MC < 1 año A mediano plazo 2 1 año < MC < 10 años Mitigable 4 10 año < MC < 60 años Irrecuperable 8 MC > 60 años	0.8

\*Porcentaje, asignado a la Importancia del impacto sobre el parámetro ambiental debido a la actividad.

### VI.2.1. Indicadores de impacto y de cambio climático

Cabe recordar que una de las justificaciones para el uso de indicadores es que es imposible medir todo, por lo que resulta fundamental contar con la información más relevante. Además, no se descarta que éstos cambien según convenga en cada etapa del proyecto.

A través de éstos, el promovente pretende proporcionar información clave, suficiente, clara y completa acerca del estado actual de los factores ambientales presentes en el proyecto, como resultado de la aplicación del conjunto de las acciones o medidas preventivas, de mitigación y restauración. Su aplicación resulta conveniente ya que permitirá establecer un sistema que facilite dar seguimiento estrecho a los objetivos y determinar el nivel de éxito (eficiencia y eficacia) de las acciones puestas en práctica.

Para que los indicadores cumplan cabalmente con esta función es necesario que tengan ciertas características. A continuación, se presenta una lista de las más importantes (SEMARNAT, 2002):

1. **Representatividad:** se refiere al grado de información que posee un indicador respecto al impacto global de la obra.
2. **Relevancia:** la información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
3. **Excluyente:** no existe una superposición entre los distintos indicadores.
4. **Cuantificable:** medible siempre que sea posible en términos cuantitativos.
5. **Fácil identificación:** definidos conceptualmente de modo claro y conciso.

De acuerdo con las obras y actividades del Proyecto Ixtaca, los indicadores propuestos a utilizar, se presentan en la Tabla VI-7 a continuación.

*Tabla VI-7. Lista indicativa de indicadores de impacto*

Parámetro Ambiental afectado en el SAR	Unidades de medición	Etapas de implementación	Forma de cuantificación
Uso de Suelo	Hectáreas (ha)	Previo a PS	Superficie forestal cambiada a uso minero
Procesos Erosivos	toneladas por hectárea al año (t/ha año)	PS, CO, OM, AB	Cantidad de suelo perdido por superficie sin vegetación
Calidad del Suelo	Partes por millón de contaminantes (ppm)	PS, CO, OM, AB	Análisis de laboratorio de calidad del suelo en áreas donde ocurran derrames o liberación de sustancias
Calidad del agua superficial	mg/l de contaminante específico	PS, CO, OM, AB	Parámetros NOM-127-SSA1-2014 y Ley Federal de Derechos

Parámetro Ambiental afectado en el SAR	Unidades de medición	Etapas de implementación	Forma de cuantificación
Calidad del agua subterránea	mg/l de contaminante específico	PS, CO, OM, AB	Parámetros NOM-127-SSA1-2014 y Ley Federal de Derechos
Calidad del aire	Partes por millón de contaminantes (ppm)	PS, CO, OM, AB	Monitoreo de aire y verificaciones a equipos de combustión (CO <sub>2</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PST)
Ruido y vibraciones	Decibeles (dB)	PS, CO, OM, AB	Monitoreos perimetrales de niveles de ruido ambiental
Especies de fauna en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010	Adimensional	PS, CO, OM, AB	Conteo de número de especies y número de individuos por especie
Abundancia de flora	Adimensional	PS, CO, OM, AB	Conteo de número de especies y número de individuos por especie
Especies de flora en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010	Adimensional	PS, CO, OM, AB	Conteo de número de especies y número de individuos por especie
Empleo y activación económica	Número de trabajadores	PS, CO, OM, AB	Conteo de empleos directos generados por el Proyecto

Los indicadores ambientales se han utilizado a nivel internacional, nacional, regional, estatal y local con el objetivo de informar sobre el estado del medio ambiente, evaluar el desempeño de políticas ambientales y comunicar los progresos en la búsqueda del desarrollo sustentable. En este sentido, actualmente, el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA)<sup>1</sup> ofrece, a través de distintos conjuntos de indicadores, una visión breve y clara de los cambios y la situación actual del medio ambiente y los recursos naturales del país, así como de las presiones que los afectan y las respuestas institucionales encaminadas a su conservación, recuperación y uso sustentable.

Para entender y enfrentar cualquier problemática, incluido el cambio climático, se requiere tener información de los factores que la ocasionan, de la situación sobre la condición actual, con respecto a su condición natural. Desafortunadamente, para el Estado de Puebla no cuenta con un conjunto de indicadores. Sin embargo, consideramos que la información generada de este proyecto permitirá robustecer las bases de datos e indicadores no oficiales, pero si existentes que permitan en el corto o mediano plazo, enfrentar los escenarios futuros que tendrán la región y el Proyecto respecto al cambio climático.

Por otra parte, es importante resaltar que los escenarios de cambio climático son difíciles de precisar, debido a que no son pronósticos, sino que son el resultado de modelos climáticos que

<sup>1</sup> <http://www.semarnat.gob.mx/temas/estadisticas-ambientales/snia/estructura-del-SNIA>

simulan condiciones futuras ante el cambio de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI), proyectadas bajo diferentes condiciones económicas y sociales a nivel planetario. Otro elemento a considerar es el horizonte de tiempo en el que se proyectan dichos escenarios.

### VI.3. Valoración de impactos

La importancia (I) de los impactos se determinó a través de la aplicación de la siguiente ecuación, en la cual se relacionan los 11 atributos y sus correspondientes factores de ponderación:

$$I_{ij} = NT_{ij}(3.6IN_{ij} + 2.4EX_{ij} + 0.8MO_{ij} + 0.4PS_{ij} + 0.4RV_{ij} + 0.4SI_{ij} + 0.4AC_{ij} + 0.4EF_{ij} + 0.4PR_{ij} + 0.8MC_{ij})$$

Una vez realizada la valoración de la importancia, se procedió a realizar una clasificación de los impactos más relevantes en términos de la valoración obtenida, considerando el valor absoluto, de su importancia y de su naturaleza, conforme a la siguiente categorización:

1. Sí la importancia (I) es de naturaleza (NT) positiva (+), el impacto es positivo y se considera como un impacto benéfico.
2. Sí la importancia (I) es de naturaleza (NT) negativa (-), el impacto es negativo y se considera como un impacto perjudicial.
3. Un impacto negativo con una importancia (I) valorada entre 0 y menor a 25 ( $0 \leq |I| < 25$ ), se considera un impacto compatible.
4. Un impacto negativo con una importancia (I) valorada entre 25 y menor a 50 ( $25 \leq |I| < 50$ ), se considera un impacto moderado.
5. Un impacto negativo con una importancia (I) valorada entre 50 y menor a 75 ( $50 \leq |I| < 75$ ), se considera un impacto severo.
6. Un impacto negativo con una importancia (I) valorada como mayor o igual a 75 ( $|I| \geq 75$ ), se considera un impacto crítico.

La Tabla VI-8 se presenta los resultados de la determinación de la importancia de los impactos, del proyecto, a partir de la calificación de los atributos para cada uno de los impactos identificados, realizada por un grupo multidisciplinario de especialistas conformado particularmente para este ejercicio de evaluación específico.



Tabla VI-8. Valoración de la importancia de los impactos ambientales identificados para el Proyecto

ID Impacto	Actividad	Parámetro Ambiental	Atributos de Importancia										Importancia I'	Perjudiciales	Clasificación	
			NT	IN	EX	MO	PS	RV	SI	AC	EF	PR				MC
PS001	Rescate de suelo fértil y despalme	Tipo de Suelo	-1	1	4	4	1	4	1	1	4	4	2	- 24.0	1	Compatible
PS002	Rehabilitación y construcción de caminos	Tipo de Suelo	-1	1	1	4	4	2	1	1	4	4	2	- 17.2	1	Compatible
PS003	Nivelaciones y compactación	Tipo de Suelo	-1	2	2	4	4	4	1	1	4	4	8	- 28.8	1	Moderado
PS004	Desmante	Uso de Suelo	-1	8	4	4	4	4	1	1	4	4	2	- 50.4	1	Severo
PS005	Rehabilitación y construcción de caminos	Uso de Suelo	-1	1	1	4	4	2	1	1	4	4	2	- 17.2	1	Compatible
PS006	Nivelaciones y compactación	Uso de Suelo	-1	1	2	4	4	0	1	1	1	4	0	- 16.0	1	Compatible
PS007	Desmante	Erosión	-1	4	4	4	4	4	1	1	1	4	2	- 34.8	1	Moderado
PS008	Nivelaciones y compactación	Relieves	-1	2	2	4	4	4	1	1	4	4	8	- 28.8	1	Moderado
PS009	Nivelaciones y compactación	Cauces	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	1	8	- 20.4	1	Compatible
PS010	Desmante	Calidad del agua superficial	-1	1	4	4	4	2	1	1	1	2	2	- 22.4	1	Compatible
PS011	Desmante	Recarga media	-1	1	2	4	4	2	1	1	1	2	2	- 17.6	1	Compatible
PS012	Nivelaciones y compactación	Recarga media	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	2	2	- 16.0	1	Compatible
PS013	Desmante	Vulnerabilidad	-1	1	2	4	4	2	1	1	1	2	2	- 17.6	1	Compatible
PS014	Nivelaciones y compactación	Vulnerabilidad	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	2	1	- 15.2	1	Compatible
PS015	Desmante	Calidad del aire	-1	1	4	4	4	2	1	1	1	1	2	- 22.0	1	Compatible
PS016	Emissiones a la atmósfera	Calidad del aire	-1	2	1	4	4	1	1	1	4	1	1	- 18.4	1	Compatible
PS017	Desmante	Microclima	-1	2	4	4	4	2	1	1	1	4	2	- 26.8	1	Moderado
PS018	Emissiones a la atmósfera	Microclima	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	1	1	- 13.6	1	Compatible
PS019	Desmante	Ruido	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	- 24.4	1	Compatible
PS020	Rescate de suelo fértil y despalme	Ruido	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	- 24.4	1	Compatible
PS021	Rehabilitación y construcción de caminos	Ruido	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	- 24.4	1	Compatible
PS022	Nivelaciones y compactación	Ruido	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	- 24.4	1	Compatible
PS023	Marcaje y rescate de flora y fauna	Riqueza de la vegetación	1	2	1	4	1	0	1	1	1	1	0	14.8	0	Compatible
PS024	Desmante	Riqueza de la vegetación	-1	8	4	4	4	4	1	1	4	4	2	- 50.4	1	Severo
PS025	Marcaje y rescate de flora y fauna	Abundancia de la vegetación	1	1	1	4	1	0	1	1	1	1	0	11.2	0	Compatible
PS026	Desmante	Abundancia de la vegetación	-1	8	4	4	4	4	1	1	4	4	2	- 50.4	1	Severo

ID Impacto	Actividad	Parámetro Ambiental	Atributos de Importancia										Importancia			
			NT	IN	EX	MO	PS	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I'	Perjudiciales	Clasificación
PS027	Marcaje y rescate de flora y fauna	Especies de vegetación en alguna categoría de protección	1	1	1	4	1	0	1	1	1	1	0	11.2	0	Compatible
PS028	Desmonte	Especies de vegetación en alguna categoría de protección	-1	8	4	4	4	4	1	1	4	4	2	- 50.4	1	Severo
PS029	Marcaje y rescate de flora y fauna	Distribución de vegetación	1	1	1	4	1	0	1	1	1	1	0	11.2	0	Compatible
PS030	Desmonte	Distribución de vegetación	-1	8	4	4	4	4	1	1	4	4	2	- 50.4	1	Severo
PS031	Marcaje y rescate de flora y fauna	Riqueza de fauna	1	1	1	4	1	0	1	1	1	1	0	11.2	0	Compatible
PS032	Desmonte	Riqueza de fauna	-1	8	4	4	4	4	1	1	4	4	2	- 50.4	1	Severo
PS033	Marcaje y rescate de flora y fauna	Abundancia de fauna	1	1	1	4	1	0	1	1	1	1	0	11.2	0	Compatible
PS034	Desmonte	Abundancia de fauna	-1	8	4	4	4	4	1	1	4	4	2	- 50.4	1	Severo
PS035	Marcaje y rescate de flora y fauna	Especies de fauna en alguna categoría de protección	1	1	1	4	1	0	1	1	1	1	0	11.2	0	Compatible
PS036	Desmonte	Especies de fauna en alguna categoría de protección	-1	8	4	4	4	4	1	1	4	4	2	- 50.4	1	Severo
PS037	Marcaje y rescate de flora y fauna	Distribución de fauna	1	1	1	4	1	0	1	1	1	1	0	11.2	0	Compatible
PS038	Desmonte	Distribución de fauna	-1	8	4	4	4	4	1	1	4	4	2	- 50.4	1	Severo
PS039	Rehabilitación y construcción de caminos	Servicios básicos	1	2	1	4	4	0	1	1	4	4	0	18.4	0	Compatible
PS040	Rehabilitación y construcción de caminos	Comunicaciones	1	2	1	4	4	0	1	1	4	4	0	18.4	0	Compatible
PS041	Delimitación de áreas	Empleo y activación económica	1	1	2	4	1	0	1	1	4	1	0	14.8	0	Compatible
PS042	Marcaje y rescate de flora y fauna	Empleo y activación económica	1	1	2	4	1	0	1	1	4	1	0	14.8	0	Compatible
PS043	Desmonte	Empleo y activación económica	1	4	2	4	1	0	1	1	4	1	0	25.6	0	Moderado
PS044	Rescate de suelo fértil y despalme	Empleo y activación económica	1	2	2	4	1	0	1	1	4	1	0	18.4	0	Compatible
PS045	Rehabilitación y construcción de caminos	Empleo y activación económica	1	4	2	4	1	0	1	1	4	1	0	25.6	0	Moderado
PS046	Nivelaciones y compactación	Empleo y activación económica	1	2	2	4	1	0	1	1	4	1	0	18.4	0	Compatible
PS047	Manejo de residuos	Empleo y activación económica	1	1	2	4	1	0	1	1	4	1	0	14.8	0	Compatible
PS048	Rehabilitación y construcción de caminos	Rasgos culturales	-1	1	2	4	4	0	1	1	1	4	2	- 17.6	1	Compatible
PS049	Rehabilitación y construcción de caminos	Demografía	-1	2	2	4	1	0	1	1	1	4	2	- 20.0	1	Compatible
PS050	Nivelaciones y compactación	Demografía	-1	1	2	4	1	0	1	1	1	4	2	- 16.4	1	Compatible
PS051	Desmonte	Calidad Visual	-1	12	4	4	4	4	1	1	4	4	2	- 64.8	1	Severo

ID Impacto	Actividad	Parámetro Ambiental	Atributos de Importancia										Importancia	Perjudiciales	Clasificación	
			NT	IN	EX	MO	PS	RV	SI	AC	EF	PR	MC			I'
PS052	Desmante	Fragilidad visual	-1	8	4	4	4	4	1	1	1	4	2	- 49.2	1	Moderado
PS053	Desmante	Visibilidad	-1	8	4	4	4	4	1	1	1	4	2	- 49.2	1	Moderado
PS054	Rehabilitación y construcción de caminos	Iluminación artificial	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	- 24.4	1	Compatible
PS055	Desmante	Incendios	-1	1	1	4	1	4	2	1	1	1	1	- 14.0	1	Compatible
PS056	Manejo de residuos	Incendios	-1	1	1	4	1	4	2	1	1	1	1	- 14.0	1	Compatible
PS057	Rehabilitación y construcción de caminos	Fugas y derrames	-1	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	- 12.8	1	Compatible
PS058	Nivelaciones y compactación	Fugas y derrames	-1	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	- 12.8	1	Compatible
PS059	Manejo de residuos	Fugas y derrames	-1	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	- 12.8	1	Compatible
CO001	Obras para la gestión de agua	Tipo de Suelo	-1	4	1	4	4	4	1	1	4	4	8	-33.6	1	Moderado
CO002	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Erosión	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	1	2	-15.6	1	Compatible
CO003	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Erosión	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	1	2	-14.4	1	Compatible
CO004	Obras para la gestión de agua	Recarga media	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	4	2	-16.8	1	Compatible
CO005	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Recarga media	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	1	8	-20.4	1	Compatible
CO006	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Vulnerabilidad	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	4	1	-16	1	Compatible
CO007	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Calidad del aire	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-12.4	1	Compatible
CO008	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Calidad del aire	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-12.4	1	Compatible
CO009	Obras para la gestión de agua	Microclima	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-12.4	1	Compatible
CO010	Emisiones a la atmósfera	Microclima	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-12.4	1	Compatible
CO011	Obras para la gestión de agua	Ruido	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	-24.4	1	Compatible
CO012	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Ruido	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	-24.4	1	Compatible
CO013	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Ruido	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	-24.4	1	Compatible
CO014	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Ruido	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	-24.4	1	Compatible
CO015	Obras para la gestión de agua	Empleo y activación económica	1	2	2	4	1	0	1	1	4	1	0	18.4	0	Compatible
CO016	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Empleo y activación económica	1	4	2	4	1	0	1	1	4	1	0	25.6	0	Moderado

ID Impacto	Actividad	Parámetro Ambiental	Atributos de Importancia										Importancia I'	Perjudiciales	Clasificación	
			NT	IN	EX	MO	PS	RV	SI	AC	EF	PR				MC
CO017	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Empleo y activación económica	1	2	2	4	1	0	1	1	4	1	0	18.4	0	Compatible
CO018	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Empleo y activación económica	1	2	2	4	1	0	1	1	4	1	0	18.4	0	Compatible
CO019	Manejo de residuos	Empleo y activación económica	1	1	2	4	1	0	1	1	4	1	0	14.8	0	Compatible
CO020	Obras para la gestión de agua	Demografía	-1	2	2	4	1	0	1	1	1	1	2	-18.8	1	Compatible
CO021	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Demografía	-1	2	2	4	1	0	1	1	1	1	2	-18.8	1	Compatible
CO022	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Demografía	-1	2	2	4	1	0	1	1	1	1	1	-18	1	Compatible
CO023	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Demografía	-1	2	2	4	1	0	1	1	1	1	1	-18	1	Compatible
CO024	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Calidad Visual	-1	1	1	4	4	4	1	1	4	4	2	-18	1	Compatible
CO025	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Calidad Visual	-1	1	1	4	4	1	1	1	4	4	1	-16	1	Compatible
CO026	Obras para la gestión de agua	Visibilidad	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	4	2	-16.8	1	Compatible
CO027	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Visibilidad	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	4	1	-16	1	Compatible
CO028	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Visibilidad	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	4	1	-16	1	Compatible
CO029	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Visibilidad	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	4	1	-14.8	1	Compatible
CO030	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Iluminación artificial	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	-24.4	1	Compatible
CO031	Desviación vial y Puente (proyecto asociado)	Iluminación artificial	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	-24.4	1	Compatible
CO032	Obras para la gestión de agua	Inundaciones	-1	2	2	4	1	2	1	1	1	1	1	-18.8	1	Compatible
CO033	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Incendios	-1	1	1	4	1	4	2	1	1	1	1	-14	1	Compatible
CO034	Manejo de residuos	Incendios	-1	1	1	4	1	4	2	1	1	1	1	-14	1	Compatible
CO035	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Explosiones	-1	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	-12.8	1	Compatible
CO036	Obras para la gestión de agua	Fugas y derrames	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-12.4	1	Compatible
CO037	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Fugas y derrames	-1	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	-12.8	1	Compatible
CO038	Línea de Transmisión Eléctrica (proyecto asociado)	Fugas y derrames	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-12.4	1	Compatible
CO039	Manejo de residuos	Fugas y derrames	-1	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	-12.8	1	Compatible
OM001	Desarrollo del Tajo y Mina	Tipo de Suelo	-1	1	4	4	4	4	1	4	4	4	8	- 31.2	1	Moderado

ID Impacto	Actividad	Parámetro Ambiental	Atributos de Importancia										Importancia	Perjudiciales	Clasificación	
			NT	IN	EX	MO	PS	RV	SI	AC	EF	PR				MC
OM002	Conformación de Tepetateras	Tipo de Suelo	-1	1	2	4	4	4	1	4	4	4	8	- 26.4	1	Moderado
OM003	Proceso de Beneficio del Mineral	Uso de Suelo	-1	1	1	4	4	4	1	1	4	4	2	- 18.0	1	Compatible
OM004	Desarrollo del Tajo y Mina	Erosión	-1	1	4	4	4	4	1	4	1	1	2	- 24.0	1	Compatible
OM005	Conformación de Tepetateras	Erosión	-1	1	4	4	4	4	1	4	1	1	2	- 24.0	1	Compatible
OM006	Desarrollo del Tajo y Mina	Deslizamientos	-1	1	1	4	4	2	1	4	1	1	1	- 15.2	1	Compatible
OM007	Conformación de Tepetateras	Deslizamientos	-1	1	1	4	4	2	1	4	1	1	1	- 15.2	1	Compatible
OM008	Conformación de Tepetateras	Relieves	-1	12	4	4	4	4	1	4	4	4	8	- 70.8	1	Severo
OM009	Desarrollo del Tajo y Mina	Relieves	-1	12	4	4	4	4	1	4	4	4	8	- 70.8	1	Severo
OM010	Desarrollo del Tajo y Mina	Cauces	-1	1	1	4	4	4	1	1	4	1	8	- 21.6	1	Compatible
OM011	Conformación de Tepetateras	Cauces	-1	1	1	4	4	4	1	1	4	1	8	- 21.6	1	Compatible
OM012	Desarrollo del Tajo y Mina	Áreas de inundación	-1	4	1	4	4	4	1	4	1	1	8	- 32.4	1	Moderado
OM013	Desarrollo del Tajo y Mina	Recarga media	-1	1	2	4	4	4	1	1	1	4	8	- 24.0	1	Compatible
OM014	Desarrollo del Tajo y Mina	Manantiales, norias y pozos	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	4	8	- 21.6	1	Compatible
OM015	Conformación de Tepetateras	Manantiales, norias y pozos	-1	1	1	4	4	4	1	1	1	4	8	- 21.6	1	Compatible
OM016	Desarrollo del Tajo y Mina	Vulnerabilidad	-1	1	2	4	4	4	1	1	1	4	8	- 24.0	1	Compatible
OM017	Desarrollo del Tajo y Mina	Calidad del aire	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	1	1	- 13.6	1	Compatible
OM018	Conformación de Tepetateras	Calidad del aire	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	1	1	- 13.6	1	Compatible
OM019	Proceso de Beneficio del Mineral	Calidad del aire	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	1	1	- 13.6	1	Compatible
OM020	Emisiones a la atmósfera	Calidad del aire	-1	1	1	4	4	1	1	1	4	1	1	- 14.8	1	Compatible
OM021	Emisiones a la atmósfera	Microclima	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	1	1	- 13.6	1	Compatible
OM022	Desarrollo del Tajo y Mina	Ruido	-1	4	1	4	4	1	1	1	4	1	1	- 25.6	1	Moderado
OM023	Conformación de Tepetateras	Ruido	-1	4	1	4	4	1	1	1	4	1	1	- 25.6	1	Moderado
OM024	Proceso de Beneficio del Mineral	Ruido	-1	4	1	4	4	1	1	1	4	1	1	- 25.6	1	Moderado
OM025	Desarrollo del Tajo y Mina	Empleo y activación económica	1	2	2	4	4	0	1	1	4	4	0	20.8	0	Compatible
OM026	Conformación de Tepetateras	Empleo y activación económica	1	2	2	4	4	0	1	1	4	4	0	20.8	0	Compatible
OM027	Proceso de Beneficio del Mineral	Empleo y activación económica	1	2	2	4	4	0	1	1	4	4	0	20.8	0	Compatible
OM028	Manejo de residuos	Empleo y activación económica	1	2	2	4	4	0	1	1	4	4	0	20.8	0	Compatible

ID Impacto	Actividad	Parámetro Ambiental	Atributos de Importancia										Importancia			
			NT	IN	EX	MO	PS	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I'	Perjudiciales	Clasificación
OM029	Desarrollo del Tajo y Mina	Vestigios Arqueológicos	-1	2	2	4	4	4	1	1	4	4	8	- 28.8	1	Moderado
OM030	Desarrollo del Tajo y Mina	Demografía	-1	2	2	4	4	1	1	1	1	4	- 22.0	1	Compatible	
OM031	Conformación de Tepetateras	Demografía	-1	2	2	4	4	1	1	1	1	4	- 22.0	1	Compatible	
OM032	Proceso de Beneficio del Mineral	Demografía	-1	2	2	4	4	1	1	1	1	4	- 22.0	1	Compatible	
OM033	Desarrollo del Tajo y Mina	Calidad Visual	-1	1	4	4	4	4	1	1	4	8	- 30.0	1	Moderado	
OM034	Conformación de Tepetateras	Calidad Visual	-1	1	4	4	4	4	1	1	4	8	- 30.0	1	Moderado	
OM035	Desarrollo del Tajo y Mina	Fragilidad visual	-1	1	4	4	4	4	1	1	1	8	- 28.8	1	Moderado	
OM036	Conformación de Tepetateras	Fragilidad visual	-1	1	4	4	4	4	1	1	1	8	- 28.8	1	Moderado	
OM037	Desarrollo del Tajo y Mina	Visibilidad	-1	1	4	4	4	4	1	1	1	8	- 28.8	1	Moderado	
OM038	Conformación de Tepetateras	Visibilidad	-1	1	4	4	4	4	1	1	1	8	- 28.8	1	Moderado	
OM039	Desarrollo del Tajo y Mina	Iluminación artificial	-1	4	1	4	4	1	1	1	4	1	- 25.6	1	Moderado	
OM040	Conformación de Tepetateras	Iluminación artificial	-1	4	1	4	4	1	1	1	4	1	- 25.6	1	Moderado	
OM041	Proceso de Beneficio del Mineral	Iluminación artificial	-1	4	1	4	4	1	1	1	4	1	- 25.6	1	Moderado	
OM042	Desarrollo del Tajo y Mina	Inundaciones	-1	2	2	4	1	4	1	4	1	8	- 26.4	1	Moderado	
OM043	Proceso de Beneficio del Mineral	Incendios	-1	1	1	4	1	4	4	1	1	1	- 14.8	1	Compatible	
OM044	Manejo de residuos	Incendios	-1	1	1	4	1	4	4	1	1	1	- 14.8	1	Compatible	
OM045	Desarrollo del Tajo y Mina	Explosiones	-1	1	1	4	4	1	2	1	1	1	- 14.0	1	Compatible	
OM046	Proceso de Beneficio del Mineral	Fugas y derrames	-1	1	1	4	4	1	1	1	1	1	- 13.6	1	Compatible	
OM047	Manejo de residuos	Fugas y derrames	-1	1	1	4	4	1	2	4	1	1	- 15.2	1	Compatible	
AB001	Actividades de cierre y restauración	Tipo de Suelo	1	1	2	4	4	0	1	1	4	4	0	17.2	0	Compatible
AB002	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	Uso de Suelo	1	1	2	4	4	0	1	1	4	4	0	17.2	0	Compatible
AB003	Actividades de cierre y restauración	Uso de Suelo	1	8	4	4	4	0	1	1	4	4	0	47.2	0	Moderado
AB004	Actividades de cierre y restauración	Erosión	1	2	4	4	4	0	1	1	4	4	0	25.6	0	Moderado
AB005	Actividades de cierre y restauración	Calidad del Suelo	1	4	4	4	4	0	1	1	4	4	0	32.8	0	Moderado
AB006	Actividades de cierre y restauración	Deslizamientos	1	1	1	4	4	0	1	1	1	1	0	12.4	0	Compatible
AB007	Actividades de cierre y restauración	Relieves	1	1	1	4	4	0	1	1	4	4	0	14.8	0	Compatible
AB008	Actividades de cierre y restauración	Recarga media	1	1	4	4	4	0	1	1	1	4	0	20.8	0	Compatible

ID Impacto	Actividad	Parámetro Ambiental	Atributos de Importancia										Importancia	Perjudiciales	Clasificación	
			NT	IN	EX	MO	PS	RV	SI	AC	EF	PR	MC			I'
AB009	Actividades de cierre y restauración	Vulnerabilidad	1	1	4	4	4	0	1	1	1	4	0	20.8	0	Compatible
AB010	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	Calidad del aire	-1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	- 13.6	1	Compatible
AB011	Actividades de cierre y restauración	Calidad del aire	1	1	1	4	1	0	1	1	4	1	0	12.4	0	Compatible
AB012	Emisiones a la atmosfera	Calidad del aire	-1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	- 13.6	1	Compatible
AB013	Actividades de cierre y restauración	Microclima	1	1	1	4	4	0	1	1	1	4	0	13.6	0	Compatible
AB014	Emisiones a la atmosfera	Microclima	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	2	- 13.2	1	Compatible
AB015	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	Ruido	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	- 24.4	1	Compatible
AB016	Actividades de cierre y restauración	Ruido	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	- 24.4	1	Compatible
AB017	Actividades de cierre y restauración	Riqueza de la vegetación	1	2	2	4	4	0	1	1	4	4	0	20.8	0	Compatible
AB018	Actividades de cierre y restauración	Abundancia de la vegetación	1	2	2	4	4	0	1	1	4	4	0	20.8	0	Compatible
AB019	Actividades de cierre y restauración	Distribución de vegetación	1	2	2	4	4	0	1	1	4	4	0	20.8	0	Compatible
AB020	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	Empleo y activación económica	1	2	2	4	1	0	1	1	4	4	0	19.6	0	Compatible
AB021	Actividades de cierre y restauración	Empleo y activación económica	1	2	2	4	1	0	1	1	4	4	0	19.6	0	Compatible
AB022	Manejo de residuos	Empleo y activación económica	1	2	2	4	1	0	1	1	4	4	0	19.6	0	Compatible
AB023	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	Demografía	-1	2	2	4	1	0	1	1	1	1	2	- 18.8	1	Compatible
AB024	Actividades de cierre y restauración	Demografía	-1	2	2	4	1	0	1	1	1	1	2	- 18.8	1	Compatible
AB025	Actividades de cierre y restauración	Calidad Visual	1	4	4	4	4	2	1	1	4	4	2	35.2	0	Moderado
AB026	Actividades de cierre y restauración	Fragilidad visual	1	4	4	4	4	2	1	1	1	4	2	34.0	0	Moderado
AB027	Actividades de cierre y restauración	Visibilidad	1	4	4	4	4	2	1	1	1	4	2	34.0	0	Moderado
AB028	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	Iluminación artificial	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	- 24.4	1	Compatible
AB029	Actividades de cierre y restauración	Iluminación artificial	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	1	- 24.4	1	Compatible
AB030	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	Incendios	-1	1	1	4	1	4	2	1	1	1	1	- 14.0	1	Compatible
AB031	Manejo de residuos	Incendios	-1	1	1	4	1	4	2	1	1	1	1	- 14.0	1	Compatible
AB032	Desmantelamiento y/o clausura de áreas	Fugas y derrames	-1	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	- 12.8	1	Compatible
AB033	Manejo de residuos	Fugas y derrames	-1	1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	- 12.8	1	Compatible

A continuación, se presenta una descripción detallada de aquellos impactos ambientales perjudiciales considerados como más relevantes, por ser clasificados como severos o críticos, en términos de su importancia:

ID Impacto: PS004	
<b>Etapas:</b>	Preparación de Sitio
<b>Actividad:</b>	Desmante
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Uso de Suelo
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Muy Alta 8
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Simple 1
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	A mediano plazo 2 (1 año > MC > 10 años)
<b>Importancia (I):</b>	-50.4
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	Dada la naturaleza del Proyecto, la vocación del suelo en donde se establecerán las instalaciones será modificado en gran medida.

ID Impacto: PS024	
<b>Etapas:</b>	Preparación de Sitio
<b>Actividad:</b>	Desmante
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Riqueza de la vegetación
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Muy Alta 8
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Simple 1
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	A mediano plazo 2 (1 año > MC > 10 años)
<b>Importancia (I):</b>	-50.4
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	Dado que para el desarrollo del Proyecto es necesario retirar la vegetación presente en las áreas a ocupar, las especies vegetales serán eliminadas en su totalidad, tras realizar las operaciones de rescate correspondientes.



ID Impacto: PS026	
<b>Etapas:</b>	Preparación de Sitio
<b>Actividad:</b>	Desmonte
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Abundancia de la vegetación
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Muy Alta 8
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Simple 1
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	A mediano plazo 2 (1 año > MC > 10 años)
<b>Importancia (I):</b>	-50.4
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	Dado que para el desarrollo del Proyecto es necesario retirar la vegetación presente en las áreas a ocupar, las especies vegetales, serán eliminadas en su totalidad en ciertas áreas del AP, tras realizar las operaciones de rescate correspondientes.

ID Impacto: PS028	
<b>Etapas:</b>	Preparación de Sitio
<b>Actividad:</b>	Desmonte
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Especies de vegetación en alguna categoría de protección
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Muy Alta 8
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Simple 1
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	A mediano plazo 2 (1 año > MC > 10 años)
<b>Importancia (I):</b>	-50.4
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	Dado que para el desarrollo del Proyecto es necesario retirar la vegetación presente en las áreas a ocupar, las especies vegetales, incluidas aquellas en alguna categoría de protección, serán eliminadas en su totalidad en ciertas áreas del AP, tras realizar las operaciones de rescate correspondientes.

ID Impacto: PS030	
<b>Etapas:</b>	Preparación de Sitio
<b>Actividad:</b>	Desmonte
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Distribución de vegetación
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Muy Alta 8
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Simple 1
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	A mediano plazo 2 (1 año > MC > 10 años)
<b>Importancia (I):</b>	-50.4
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	Dado que para el desarrollo del Proyecto es necesario retirar la vegetación presente en las áreas a ocupar, las especies vegetales, serán eliminadas en su totalidad en ciertas áreas del AP, tras realizar las operaciones de rescate correspondientes.

ID Impacto: PS032	
<b>Etapas:</b>	Preparación de Sitio
<b>Actividad:</b>	Desmonte
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Riqueza de fauna
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Muy Alta 8
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Simple 1
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	A mediano plazo 2 (1 año > MC > 10 años)
<b>Importancia (I):</b>	-50.4
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	Dado que para el desarrollo del Proyecto es necesario retirar la vegetación presente en las áreas a ocupar, las especies animales serán desprovistas de hábitats para su regreso tras realizar el amedrentamiento, rescate y reubicación de los individuos.

ID Impacto: PS034	
<b>Etapas:</b>	Preparación de Sitio
<b>Actividad:</b>	Desmonte
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Abundancia de fauna
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Muy Alta 8
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Simple 1
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	A mediano plazo 2 (1 año>MC>10 años)
<b>Importancia (I):</b>	-50.4
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	Dado que para el desarrollo del Proyecto es necesario retirar la vegetación presente en las áreas a ocupar, las especies animales serán desprovistas de hábitats para su regreso tras realizar el amedrentamiento, rescate y reubicación de los individuos.

ID Impacto: PS036	
<b>Etapas:</b>	Preparación de Sitio
<b>Actividad:</b>	Desmonte
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Especies de fauna en alguna categoría de protección
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Muy Alta 8
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Simple 1
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	A mediano plazo 2 (1 año>MC>10 años)
<b>Importancia (I):</b>	-50.4
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	Dado que para el desarrollo del Proyecto es necesario retirar la vegetación presente en las áreas a ocupar, las especies animales serán desprovistas de hábitats para su regreso tras realizar el amedrentamiento, rescate y reubicación de los individuos.

ID Impacto: PS038	
<b>Etapas:</b>	Preparación de Sitio
<b>Actividad:</b>	Desmonte
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Distribución de fauna
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Muy Alta 8
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Simple 1
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	A mediano plazo 2 (1 año>MC>10 años)
<b>Importancia (I):</b>	-50.4
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	Dado que para el desarrollo del Proyecto es necesario retirar la vegetación presente en las áreas a ocupar, las especies animales serán desprovistas de hábitats para su regreso tras realizar el amedrentamiento, rescate y reubicación de los individuos.

ID Impacto: PS051	
<b>Etapas:</b>	Preparación de Sitio
<b>Actividad:</b>	Desmonte
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Calidad Visual
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Total 12
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Simple 1
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	A mediano plazo 2 (1 año>MC>10 años)
<b>Importancia (I):</b>	-64.8
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	Se espera que el paisaje se vea alterado drásticamente una vez que el Proyecto sea construido y se comience su operación regular.

<b>ID Impacto: OM008</b>	
<b>Etapas:</b>	Operación y Mantenimiento
<b>Actividad:</b>	Conformación de Tepetateras
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Relieves
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Total 12
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Acumulativo 4
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	Irrecuperable 8 (MC>60 años)
<b>Importancia (I):</b>	-70.8
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	La localización y desarrollo de las tepetateras a lo largo de la vida del Proyecto modificará significativamente los relieves de la zona, alterando la morfología del terreno.

<b>ID Impacto: OM009</b>	
<b>Etapas:</b>	Operación y Mantenimiento
<b>Actividad:</b>	Desarrollo del Tajo y Mina
<b>Parámetro Ambiental:</b>	Relieves
<b>Naturaleza (NT):</b>	Perjudicial (-) -1
<b>Intensidad (IN):</b>	Total 12
<b>Extensión (EX):</b>	Extenso 4
<b>Momento (MO):</b>	Inmediato 4 (MO < 1 años)
<b>Persistencia (PS):</b>	Permanente 4 (PS > 10 años)
<b>Reversibilidad (RV):</b>	Irreversible 4 (RV > 10 años)
<b>Sinergia (SI):</b>	Sin sinergismo 1
<b>Acumulación (AC):</b>	Acumulativo 4
<b>Relación Causa-Efecto (EF):</b>	Directo (primario) 4
<b>Periodicidad (PR):</b>	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC):</b>	Irrecuperable 8 (MC>60 años)
<b>Importancia (I):</b>	-70.8
<b>Clasificación:</b>	<b>Severo</b>
<b>Comentarios:</b>	La localización y desarrollo del tajo a cielo abierto a lo largo de la vida del Proyecto modificará significativamente los relieves de la zona, alterando la morfología del terreno.

#### VI.4. Impactos residuales

Invariablemente, para este Proyecto se tienen impactos cuyos efectos persisten aún con la aplicación de medidas, y que son denominados como residuales, definidos según el REIA como aquellos que persisten después de la aplicación de medidas de mitigación, lo cual representa la base técnica para la propuesta de medidas compensatorias que se describirán en el Capítulo VII de esta MIA.

Con el objeto de identificar los impactos residuales del Proyecto, se ha retomado a la descripción del atributo de reversibilidad: posibilidad de reconstruir el parámetro ambiental afectado por medio de la intervención humana. A partir de este atributo se han identificado aquellos impactos severos y críticos para los cuales se ha asignado una valoración de “irrecuperable”, es decir, que el efecto no puede ser reconstruido en más de 60 años, aun con la intervención del hombre.

Como resultado de lo anterior, se tienen identificados un total de 24 impactos residuales (14 compatibles, 8 moderados y 2 severos), los cuales se muestran a continuación:

*Tabla VI-9. Impactos residuales identificados para el Proyecto*

ID Impacto	Actividad	Parámetro ambiental	Clasificación
PS003	Nivelaciones y compactación	Tipo de Suelo	Moderado
PS008	Nivelaciones y compactación	Relieves	Moderado
PS009	Nivelaciones y compactación	Cauces	Compatible
CO001	Obras para la gestión de agua	Tipo de Suelo	Moderado
CO005	Infraestructura de Beneficio y de Servicios	Recarga media	Compatible
OM001	Desarrollo del Tajo y Mina	Tipo de Suelo	Moderado
OM002	Conformación de Tepetateras	Tipo de Suelo	Moderado
OM008	Conformación de Tepetateras	Relieves	Severo
OM009	Desarrollo del Tajo y Mina	Relieves	Severo
OM010	Desarrollo del Tajo y Mina	Cauces	Compatible
OM011	Conformación de Tepetateras	Cauces	Compatible
OM012	Desarrollo del Tajo y Mina	Áreas de inundación	Moderado
OM013	Desarrollo del Tajo y Mina	Recarga media	Compatible
OM014	Desarrollo del Tajo y Mina	Manantiales, norias y pozos	Compatible
OM015	Conformación de Tepetateras	Manantiales, norias y pozos	Compatible
OM016	Desarrollo del Tajo y Mina	Vulnerabilidad	Compatible
OM029	Desarrollo del Tajo y Mina	Vestigios Arqueológicos	Moderado
OM033	Desarrollo del Tajo y Mina	Calidad Visual	Moderado
OM034	Conformación de Tepetateras	Calidad Visual	Moderado
OM035	Desarrollo del Tajo y Mina	Fragilidad visual	Moderado
OM036	Conformación de Tepetateras	Fragilidad visual	Moderado
OM037	Desarrollo del Tajo y Mina	Visibilidad	Moderado
OM038	Conformación de Tepetateras	Visibilidad	Moderado
OM042	Desarrollo del Tajo y Mina	Inundaciones	Moderado

## VI.5. Impactos acumulativos

Retomando lo establecido en el REIA, que define como impacto ambiental acumulativo al efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente, se puede mencionar que dado que no existen actividades actualmente extractivas dentro del AP que ocasionen impactos significativos comparables con los asociados con el proyecto pretendido, no se consideran efectos acumulativos de relevancia.

Sin embargo, de observarse como criterio alternativo la clasificación dado el atributo de “acumulación”, que se determina en función de la que presencia continuada de la acción produzca un efecto que crezca con el tiempo, y que fue asignado durante el proceso de valoración de los impactos para determinar su importancia, se pueden identificar un total de 11 impactos acumulativos (5 compatibles, 4 moderados y 2 severos), cuya relación se muestra a continuación:

*Tabla VI-10. Impactos acumulativos identificados para el Proyecto*

ID Impacto	Actividad	Parámetro Ambiental	Clasificación
OM001	Desarrollo del Tajo y Mina	Tipo de Suelo	Moderado
OM002	Conformación de Tepetateras	Tipo de Suelo	Moderado
OM004	Desarrollo del Tajo y Mina	Erosión	Compatible
OM005	Conformación de Tepetateras	Erosión	Compatible
OM006	Desarrollo del Tajo y Mina	Deslizamientos	Compatible
OM007	Conformación de Tepetateras	Deslizamientos	Compatible
OM008	Conformación de Tepetateras	Relieves	Severo
OM009	Desarrollo del Tajo y Mina	Relieves	Severo
OM012	Desarrollo del Tajo y Mina	Áreas de inundación	Moderado
OM042	Desarrollo del Tajo y Mina	Inundaciones	Moderado
OM047	Manejo de residuos	Fugas y derrames	Compatible

## VI.6. Conclusiones

Para realizar una determinación del efecto global del Proyecto sobre el SAR y justificar si este es aceptable en términos de que se asegure el mantener la integridad funcional y capacidad de carga de los ecosistemas potencialmente en riesgo, es que se recapitula a partir de los resultados obtenidos de la presente evaluación de los impactos ambientales descritos en las secciones previas a lo largo de este capítulo, para lo cual es importante retomar la definición de impacto ambiental significativo en los términos del REIA, que lo considera como aquel que “provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales”.

Con la finalidad de verificar de manera más objetiva si el Proyecto tendrá impactos ambientales significativos es que se propone el análisis de aquellos para los cuales la metodología de evaluación empleada se obtuvo una calificación de importancia alta, es decir, para aquellos impactos clasificados como severos o críticos, aplicando una revisión puntual de las características que establece la definición del REIA, conforme a lo siguiente:

¿El impacto ambiental ...	... provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud?	y	... obstaculiza la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos?	y	... obstaculiza la continuidad de los procesos naturales?	¿El impacto es significativo?
PS004	No		No		No	No
PS024	Sí		No		No	No
PS026	Sí		No		No	No
PS028	No		No		No	No
PS030	No		No		No	No
PS032	No		No		No	No
PS034	No		No		No	No
PS036	No		No		No	No
PS038	No		No		No	No
PS051	No		No		No	No
OM008	No		No		No	No
OM009	No		No		No	No

Por lo anterior, puede concluirse que **no se identificaron impactos ambientales significativos** bajo el concepto reconocido por la autoridad en el REIA. Cabe señalar que aun cuando el Proyecto, por su naturaleza y extensión, no representará un desarrollo incompatible para la continuidad de los ecosistemas presentes en la actualidad en la región, se pretende la aplicación de medidas que minimicen o prevengan los efectos adversos al ambiente que pudieran registrarse como resultado del Proyecto; estas medidas se discuten en el Capítulo VII.

A manera de resumen, la Tabla VI-11 muestra los resultados en términos de la distribución y clarificación de los impactos basados en su naturaleza, importancia, significancia y atributos de sinergismo, acumulación y permanencia (impactos residuales).



*Tabla VI-11. Resumen de resultados de valoración de los impactos ambientales del Proyecto*

<b>Criterio de Clasificación</b>	<b>Tipo de Impacto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Totales</b>
<b>Naturaleza</b>	Benéficos	41	<b>178</b>
	Perjudiciales	137	
<b>Importancia</b>	Impactos compatibles	133	<b>178</b>
	Moderados	33	
	Severos	12	
	Críticos	0	
<b>Atributos Especiales</b>	Residuales totales	24	
	Residuales severos o críticos	2	
	Acumulativos	11	
	Significativos	0	

Página intencionalmente dejada en blanco.



CORPORACIÓN AMBIENTAL DE MÉXICO

Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.  
Patricio Sanz #1609, Torre 2, Piso 6  
Col. Del Valle Sur, Del. Benito Juárez  
Ciudad de México, C.P. 03100  
[mexico@cam-mx.com](mailto:mexico@cam-mx.com)  
Tels. +52 (55) 5538.0727  
+52 (55) 5538.4693

## CAPÍTULO VII. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

### Contenido

VII.1	Descripción de las estrategias a emplear para los impactos identificados .....	3
VII.2	Programa de Vigilancia Ambiental .....	4
VII.2.1	Objetivos del PVA .....	4
VII.2.2	Dirección del PVA .....	5
VII.2.3	Periodos de aplicación del PVA. ....	6
VII.3	Seguimiento y control .....	33
VII.4	Información necesaria para la fijación de montos para fianzas. ....	34

### Tablas

Tabla VII.1.	Cronograma de aplicación de las medidas de prevención y mitigación.....	6
Tabla VII.2.	Medidas para el control de emisiones a la atmósfera (Subprograma 1).....	10
Tabla VII.3.	Medidas para el Control de ruido (Subprograma 2) .....	12
Tabla VII.4.	Medidas Conservación y protección al suelo (Subprograma 3).....	13
Tabla VII.5.	Medidas Protección a los recursos hídricos (Subprograma 4) .....	16
Tabla VII.6.	Medidas Rescate y reubicación de flora (Subprograma 5) .....	22
Tabla VII.7.	Medidas Rescate y reubicación de fauna (Subprograma 6) .....	24
Tabla VII.8.	Medidas Manejo de sustancias peligrosas (Subprograma 7) .....	25
Tabla VII.9.	Medidas Concienciación ambiental (Subprograma 8) .....	27
Tabla VII.10.	Medidas Manejo integral de residuos peligrosos (Subprograma 9) .....	28
Tabla VII.11.	Medidas Manejo integral de residuos urbanos (Subprograma 10) .....	30
Tabla VII.12.	Medidas Rehabilitación de áreas degradadas (Subprograma 11) .....	31
Tabla VII.13.	Costos estimados para la aplicación de las medidas propuestas en el PVA .....	34

### Figuras

Figura VII.1.	Estructura general del PVA.....	9
---------------	---------------------------------	---

## **Anexos**

**Anexo VII.1** Modelación de dispersión de polvos fugitivos.

**Anexo VII.2** Programa de Manejo de Residuos Mineros

**Anexo VII.3** Programa de monitoreo de agua superficial y subterránea.

**Anexo VII.4** Programa de rescate y reubicación de flora.

**Anexo VII.5** Programa de ahuyentamiento y rescate de fauna.

**Anexo VII.6** Plan de Cierre (conceptual).

## VII.1 Descripción de las estrategias a emplear para los impactos identificados

Con la finalidad de presentar de manera clara y concisa las medidas de prevención, mitigación y compensación requeridas para evitar, disminuir y como último caso compensar los efectos de los impactos ambientales significativos ocasionados por el proyecto, tanto en el AP y área de influencia, se presenta en este Capítulo el Programa de Vigilancia Ambiental para el Proyecto Ixtaca.

De acuerdo con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental define en su Artículo 3, fracción XIII y XIV las medidas de prevención y mitigación, se definen de la siguiente manera:

**Medidas de prevención:** “Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente”.

**Medidas de mitigación:** “Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas”.

La mayoría estas medidas atienden a los impactos potenciales considerados como compatibles y moderados. Una buena parte de estos impactos también han sido atendidos a través de los diseños de ingeniería, construcción apropiadas y uso de prácticas de manejo ambiental reconocidas, es sabido que el control ambiental eficiente en los proyectos mineros depende en un mayor grado de la ingeniería bajo la cual se conciben la obras y el cumplimiento estricto de los diseños durante la construcción, ya que ello facilita enormemente el manejo de los aspectos ambientales y por consecuencia la mitigación y el control de los impactos.

- Estabilidad en las pendientes del tajo, tepetateras y de los taludes caminos, a través de un diseño y operación adecuada.
- Seguridad de las contenciones que serán construidas alrededor de las instalaciones para el almacenamiento y uso de materiales y residuos peligrosos.
- Control de emisiones a la atmósfera.
- Prevención de la contaminación del suelo, de las aguas superficiales y subterráneas.
- Gestión del agua superficial.
- Diseño y mantenimiento de las obras para el manejo del agua de superficial.
- Medidas de control de erosión.
- Diseño y mantenimiento de caminos y cruces de camino.
- Acciones de protección y restauración para la vida silvestre.

La descripción de las medidas y las especificaciones de la operación y mantenimiento se ha venido realizando a través de los Capítulos que conforman la MIA-Reg los cuales incluyen descripciones detalladas del comportamiento de las obras y actividades del proyecto con los elementos ambientales con que interactuarán.

## **VII.2 Programa de Vigilancia Ambiental**

El **Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)** consiste en la programación de las medidas, acciones y políticas a seguir para: prevenir, eliminar, reducir y/o compensar los impactos adversos que el Proyecto pueden provocar en cada etapa de su desarrollo.

Para el promovente es importante cumplir con los compromisos ambientales y sociales, por lo que el proyecto en cuestión está vinculado a la responsabilidad medioambiental cumpliendo con lo establecido en la legislación mexicana y buenas prácticas internacionales, así como progreso social.

Por esta razón, se propone la aplicación del conjunto de acciones y medidas, que son técnica y económicamente viables.

Este PVA será el instrumento de seguimiento y control que garantiza el cumplimiento de la aplicación de las medidas de prevención y mitigación, que en él se presentan, a fin de minimizar los impactos generados por el desarrollo de este Proyecto.

### **VII.2.1 Objetivos del PVA**

- Llevar a buen término las acciones o medidas que se proponen para el proyecto dirigidas a la prevención, mitigación y rehabilitación de los impactos ambientales.
- Verificar que la aplicación de las medidas se realice en tiempo y forma durante todas las etapas del proyecto.
- Calendarizar las obras de recuperación según el plan de trabajo de la mina.
- Seguir la evolución de los parámetros ambientales relevantes que fueron identificados como afectados, a fin de comprobar la eficacia de las medidas aplicadas, en caso negativo, las causas que han provocado su fracaso y establecer las medidas a adoptar.
- Detectar si se producen impactos no previstos y poner en marcha las medidas pertinentes.
- Determinar la necesidad de suprimir, modificar o introducir nuevas medidas.
- Evaluar la eficacia del conjunto de acciones o medidas que han sido aplicadas.

## VII.2.2 Dirección del PVA

La aplicación, seguimiento y actualización de las acciones y medidas propuestas en este documento, así como el análisis para determinar la calidad de los componentes ambientales es responsabilidad del promovente.

Para su ejecución tendrá que designarse a un equipo encargado de llevar la aplicación, supervisión<sup>1</sup>, seguimiento, control, evaluación. Este equipo estará compuesto por:

- El responsable técnico del PVA: debe ser un experto en alguna de las disciplinas especializadas, y con experiencia probada en este tipo de trabajos (ingeniero agrónomo, ingeniero de forestal, biólogo, geólogo, ciencias ambientales y similares). El experto será el responsable técnico del PVA en las diferentes etapas del proyecto, y el interlocutor válido con el líder del proyecto y las direcciones de las diferentes áreas del proyecto y contratistas (mina, medio ambiente, servicios técnicos, obras) durante la etapa de construcción.
- Equipo de técnicos especialistas (equipo técnico ambiental): conformado por profesionales experimentados en distintas ramas del medio ambiente, cultura y socio-economía, que conformarán un equipo multidisciplinar para abordar el PVA en los periodos de mayor actividad, como son: desmonte y despalme, restitución de cauces, reforestaciones, etc.

Las principales funciones de este personal son las siguientes:

- Conocer el proyecto, es decir sus actividades, obras y superficies autorizadas.
- Conocer el conjunto de indicadores seleccionados para la evaluación de eficacia de las medidas.
- Conocimiento del medio en el que se encuentra el proyecto.
- Conocimiento de la valoración de los impactos ambientales identificados.
- Seguimiento y vigilancia ambiental durante la ejecución de las obras.
- Control y seguimiento de las relaciones con proveedores y subcontratistas.
- Ejecución del PVA.
- Controlar la ejecución de las medidas de prevención, mitigación y compensación - rehabilitación.
- Emitir informes de seguimiento periódicos.
- Dejar constancia de todas las actividades de seguimiento, detallando el resultado de las mismas.
- Comunicar los resultados del seguimiento y vigilancia ambiental al líder del proyecto y dirección de y jefe de obra.

---

<sup>1</sup> Esta supervisión no sustituye a las supervisiones e inspecciones periódicas por parte de contratistas, para asegurar que se cumpla con las especificaciones de diseño, técnicas y calidad.

### VII.2.3 Periodos de aplicación del PVA.

Las acciones consideradas en el PVA comenzarán a realizarse una vez iniciada la etapa de preparación de sitio y se extenderán hasta la etapa de cierre y abandono, algunas otras acciones han de implementarse únicamente durante la etapa operativa y cierre, ver Tabla VII.1.

Tabla VII.1. Cronograma de aplicación de las medidas de prevención y mitigación

	Medidas de prevención y mitigación aplicables en las etapas del proyecto	Etapas de aplicación			
		PS	CO	OM	CA
Control de emisiones a la atmósfera	Controles límites de velocidad para el tránsito de vehículos (a través de señalamientos y políticas).				
	Riego de caminos internos y de acceso (con agua o melaza).				
	Monitoreo conforme a la NOM-043-SEMARNAT-1993 (en caso de ser aplicable)				
	Instalación de equipos de control de emisiones de gases y partículas en fuentes fijas dentro de la planta de beneficio (laboratorio) y quebradoras. (la medida se implementará en caso de que sea necesario y de acuerdo al diseño de la infraestructura).				
	Mantenimiento a motores de combustión interna, ya sea de vehículos o generadores portátiles				
Control de ruido	Monitoreo registro semanal de sonómetro en el sitio.				
	Monitoreo de niveles de ruido laboral (mensual). Fuentes fijas.				
Conservación y protección al suelo	Delimitación en campo de las áreas autorizadas para desmonte y despalme, excavación y nivelación, así como las acciones de cortes y rellenos.				
	Recuperación suelo fértil (en dónde sea factible).				
	Almacenamiento y mantenimiento del suelo fértil.				
	Construcción de obras como trampas de sedimentos, barreras de maleza, cubiertas del suelo, cunetas acorazadas, etc.				
	Protección al suelo con esteras permiten mantener el suelo y las semillas fijas mientras se establece la vegetación.				
	Construcción de obras para el control y manejo de la erosión aguas arriba de la presa de almacenamiento y agua fresca.				
	Construcción de obras para el control de erosión y sedimentos: cunetas, gaviones, cercas vivas, etc. en el AP.				



		Etapas de aplicación			
	Medidas de prevención y mitigación aplicables en las etapas del proyecto	PS	CO	OM	CA
Protección a los recursos hídricos	Manejo de aguas residuales (instalación de baños portátiles) y disposición, fuera de las instalaciones del AP.				
	Determinación analítica para la caracterización del jal/mineral gastado/tepetate respecto a peligrosidad y al potencial de generador de drenaje ácido.				
	Monitoreos de agua subterránea (aguas arriba y aguas abajo o aledaños a la tepetatera oeste) de acuerdo a las especificaciones de la NOM-141- SEMARNAT-2003 y NOM-155-SEMARNAT-2007.				
	Instalación, de ser posible, de un sistema de detección y control de fugas y/o derrames de las soluciones contenidas en los tanques.				
	Mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura de planta de beneficio.				
Rescate y reubicación de flora	Rescate y reubicación de individuos de especies vegetales presentes en el AP.				
	Creación de brechas cortafuego perimetrales, mantenimiento de líneas de siembra, desyerbe y monitoreo de sobrevivencia, entre otras.				
	Acciones de protección a la flora mediante letreros o señalizaciones.				
Rescate y reubicación de fauna	Ahuyentamiento previo al inicio de actividades de remoción de vegetación.				
	Actividades de rescate y reubicación de individuos de especies de fauna de lento desplazamiento.				
Manejo de sustancias peligrosas	Capacitaciones para el uso y manejo de sustancias peligrosas.				
	Capacitaciones de respuesta a emergencias por los posibles riesgos.				
	Almacenamiento de sustancias será en de acuerdo a las especificaciones de la NOM-005-STPS-1998.				

		Etapas de aplicación			
	Medidas de prevención y mitigación aplicables en las etapas del proyecto	PS	CO	OM	CA
Concienciación ambiental	Capacitación y sensibilización ambiental del personal propio, así como personal contratista. (Los temas serán para cada uno de los factores ambientales o los recursos con alguna importancia en la región)				
Manejo integral de residuos peligrosos	Supervisión para verificar que las áreas estén libres de residuos peligrosos				
	Construcción de almacén de materiales, residuos peligrosos y residuos de manejo especial				
	Colocación de contenedores específicos y adecuados para el correcto almacenamiento de residuos peligrosos				
	Contratación de servicio de recolección, transporte y disposición de Residuos Peligrosos				
Manejo integral de residuos urbanos	Colocación de contenedores especiales para los diferentes tipos de residuos en AP				
	Reciclaje y aprovechamiento de diferentes tipos de residuos				
	Supervisión para verificar que las áreas de trabajo estén libres de residuos				
Rehabilitación de áreas degradadas	Formación de camas de siembra para la producción de especies propias de la región o compra de plantas para reforestar.				
	Mejoras a las configuraciones finales de los cortes y rellenos para disminuir el impacto en escorrentías y se eliminarán los canales y bermas.				

Preparación de sitio (PS), Construcción (CO) Operación y mantenimiento, (OM) Cierre y abandono (CA).

A continuación, en la Figura VII.1 se ilustra la estructura general del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) para el Proyecto Ixtaca.

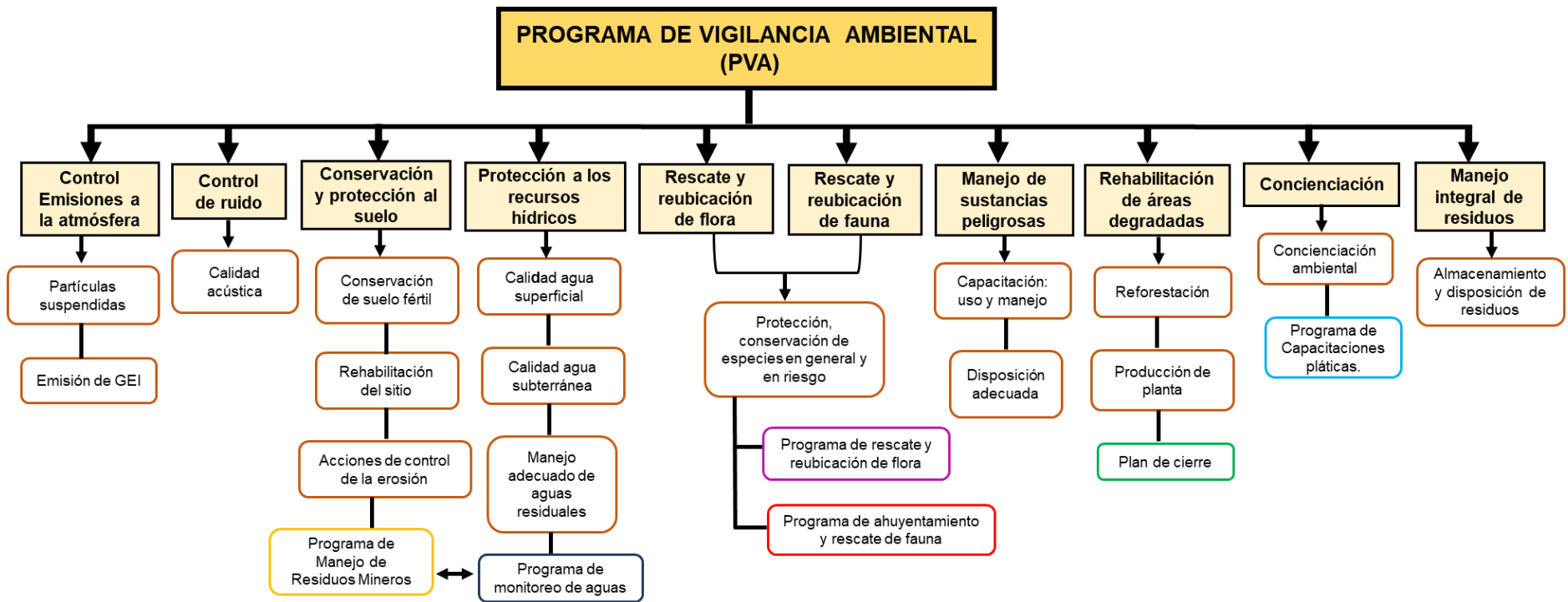


Figura VII.1. Estructura general del PVA

Tabla VII.2. Medidas para el control de emisiones a la atmósfera (Subprograma 1)

Línea estratégica	Subprograma1: Control de emisiones a la atmósfera			
Objetivo	Reducir las emisiones de partículas (polvo) durante toda la vida útil del proyecto			
Etapa de aplicación / duración.	Durante toda la vida del proyecto (Preparación del sitio, Construcción, Operación - mantenimiento y Abandono)			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>2</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Emisiones de polvos (por tránsito de vehículos y consecuencia del procesamiento del mineral y por re-suspensión de polvos de jales)	Se establecerán límites de velocidad para el tránsito de vehículos, asegurando que la velocidad de rodamiento levante la menor cantidad de polvo posible.	Permanente, mientras exista tránsito de vehículos al interior del predio.	Se requiere del señalamiento vial, en los caminos internos y de acceso a la mina. El recordatorio verbal por parte de los guardias encargados de la caseta de vigilancia, al momento de ingresar al proyecto.	Como parte de los recorridos de seguridad del proyecto, los guardias/supervisores realizarán recorridos aleatorios para constatar que las velocidades de tránsito de los usuarios de las vías, no levanta polvo del camino. El mecanismo de registro será la bitácora de acceso al proyecto Ixtaca, en donde se incluirá una columna de observaciones, para los casos en que un conductor sea sorprendido rebasando los límites de velocidad. A manera de recomendación, el responsable de seguridad y salud de mina, llevará un registro de los infractores, debiendo actualizarlo quincenalmente. Cada infractor de los límites, será amonestado verbalmente la primera ocasión y si reincide, se le restringirá el acceso al proyecto por el tiempo en que el responsable de seguridad, lo determine.
	Riego de caminos internos y de acceso mediante una pipa, realizándose el riego de los caminos con la frecuencia que la dirección del proyecto estime necesaria,	Permanente, mientras exista acceso de vehículos de carga en el proyecto.	Se requiere de pipas con aspersores para el riego de los caminos. El riego se realizará con melaza o agua pluvial almacenada en la presa.	El mecanismo de registro será la bitácora.

<sup>2</sup> Los recursos y costes que se indican en continuación podrán ser actualizados, mejorados o modificados, conforme a las circunstancias que prevalezcan en el proyecto al momento de su ejecución, sin poner en riesgo o afectar la efectividad de la medida ambiental a aplicar.

Línea estratégica	Subprograma1: Control de emisiones a la atmósfera			
Objetivo	Reducir las emisiones de partículas (polvo) durante toda la vida útil del proyecto			
Etapa de aplicación / duración.	Durante toda la vida del proyecto (Preparación del sitio, Construcción, Operación - mantenimiento y Abandono)			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>2</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	siendo con mayor frecuencia en los periodos de sequía <sup>3</sup> .			
	Instalación de equipos de control de emisiones de gases y partículas en fuentes fijas dentro de la planta de beneficio (laboratorio)	Permanente, durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.	Se requiere equipos de control, monitoreo periódico, registros en bitácoras de operación de los sistemas y programación de mantenimientos preventivos.	Los mecanismos de registro serán las bitácoras de operación y reportes de laboratorio para los monitoreos periódicos.
	Instalación de sistemas de control, para el control de partículas en trituración, que pudieran incluir aspersores de agua, colectores de polvo, casas de bolsas	Permanente, durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.	Se requiere equipos de control, monitoreo periódico, registros en bitácoras de operación de los sistemas y programación de mantenimientos preventivos.	Los mecanismos de registro serán las bitácoras de operación y reportes de laboratorio para los monitoreos periódicos.
Emisiones de motores de combustión interna	Todos los motores de combustión interna, ya sea de vehículos o generadores portátiles, recibirán el mantenimiento conforme a las especificaciones señaladas en manuales del fabricante.	Permanente, mientras se tengan equipos con motores de combustión interna al interior del proyecto.	El jefe de mantenimiento se encargará de llevar un inventario de los motores de combustión interna propiedad del proyecto, de sus contratistas o subcontratistas, registrando los servicios que se realicen a tales equipos y verificando que se cumple con la periodicidad conforme a las especificaciones de los respectivos fabricantes. No se requieren recursos adicionales a los necesarios para que el Jefe de Mantenimiento o puesto similar, cumpla con la función.	Una vez integrado el registro de equipos con motores de combustión interna, incluyendo equipos móviles, el Jefe de Mantenimiento revisará regularmente (al menos trimestralmente), que se cumple con las indicaciones de los fabricantes del equipo. En el caso de infracciones a la programación, el Jefe de Mantenimiento reportará el incidente al responsable ambiental del proyecto Ixtaca, quien definirá las acciones a seguir.

<sup>3</sup> Esta medida se establece de acuerdo a los resultados del análisis del Estudio de Modelación de dispersión de polvos fugitivos en el área del proyecto (Véase Anexo VII.1).

Tabla VII.3. Medidas para el Control de ruido (Subprograma 2)

Línea estratégica		Subprograma 2: Control de ruido			
Objetivo		Proteger al personal operativo de los niveles de ruido durante el horario laboral.			
Etapa de aplicación / duración.		Preparación del sitio, Construcción y Operación - mantenimiento			
Impacto al que va dirigida la acción		Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>4</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Generación del ruido durante las actividades preparación del sitio, construcción, mantenimiento y en su caso, abandono	Los horarios de trabajo serán 2 turnos. Se contará con un sonómetro en el sitio, de tal forma que se tenga un monitoreo informal y aleatorio, al menos una vez por semana, cuyos registros se anotaran en una bitácora.	Permanentemente, durante la etapa de operación y mantenimiento.	Se requiere de la adquisición de un sonómetro, así como la capacitación para su uso adecuado y la calibración del instrumento, al menos una vez por año.	El responsable ambiental del proyecto, con la posibilidad de delegar a uno de sus subordinados, se encargará de las acciones de monitoreo del ruido. Los valores de las mediciones serán registrados en una bitácora, a la cual se deberán de adjuntar los certificados de calibración del sonómetro.	
	En el caso de que las mediciones informales arrojen niveles de ruido por arriba de los 65 dB durante el día o por arriba de los 60dB, durante la noche, requerirá de la ejecución de un monitoreo mensual, a cargo de un laboratorio acreditado y aprobado conforme a la Ley Federal de Metrología.	Eventualmente, cuando se rebasen las mediciones realizadas con el sonómetro del promovente, y mensualmente al menos durante tres meses continuos a partir de haber logrado el retorno a condiciones de cumplimiento o bien hasta que la actividad generadora de ruido haya sido suspendida.	No se estima un costo adicional, al ya planteado en la línea anterior.	En el caso de que las mediciones realizadas con sonómetro propio, rebasen los límites máximos permisibles, se deberá de realizar un análisis de causa-efecto, para determinar el origen del problema y proponer las acciones conducentes para resolver el problema y evitar su recurrencia.	

<sup>4</sup> Los recursos y costes que se indican a continuación podrán ser actualizados, mejorados o modificados, conforme a las circunstancias que prevalezcan en el proyecto al momento de su ejecución, sin poner en riesgo o afectar la efectividad de la medida ambiental a aplicar.

Tabla VII.4. Medidas Conservación y protección al suelo (Subprograma 3)

Línea estratégica	Subprograma 3: Conservación y protección al suelo			
<b>Objetivo</b>	Reducir la pérdida de suelo fértil que será removido de manera que pueda ser reincorporado para rehabilitación del sitio durante la etapa de cierre del proyecto; reducción del volumen de sedimento erosionado aguas arriba de las instalaciones; atrapar y eliminar los sedimentos aguas arriba de la presa de almacenamiento.			
<b>Etapa de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del proyecto (Preparación del sitio, Construcción, Operación - mantenimiento y Abandono)			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>5</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Incremento de procesos erosivos debido a:  <ul style="list-style-type: none"> <li>•Desmonte y despalme.</li> <li>•Excavaciones,</li> <li>•Nivelaciones,</li> <li>•Estabilización de taludes,</li> <li>•Cortes y rellenos</li> </ul>	Restringir el despalme, excavación y nivelación, así como las acciones de cortes y rellenos a las áreas estrictamente necesarias.	Durante la etapa de preparación de sitio y construcción principalmente, sin embargo, las aplicación y construcción de estas medidas se realizará sobre las superficies y tiempos que sean necesarios.	Se requiere contar con el plan de obra, previo al arranque de cualquier actividad de campo, de tal forma que la verificación de las superficies sea efectiva.  El plan de obra debe ser elaborado por el contratista encargado y no se consideran recursos adicionales a los destinados a la ejecución.  El programa de obra podrá ser modificado o adaptado a las condiciones de las actividades.	El responsable ambiental, auxiliado por el personal que designe el líder de proyecto, deberá autorizar el inicio de cada frente de obra.  Al finalizar el desmonte y despalme, se deberá de verificar que se cumpla con lo programado; documentando modificaciones bajo excepcionales, en caso de que se presenten.  La bitácora de obra deberá de registrar las superficies antes y después de realizado el desmonte y despalme, las excavaciones, nivelaciones, etc.  Los volúmenes de suelo y material vegetal removido, deberán ser estimados, indicando los trasladados y las cantidades utilizadas en actividades de restauración ambiental.
	Recuperar el material orgánico (suelo fértil) para reutilizar en actividades de restauración ambiental.			
	El material recuperado podrá ser dispuesto temporalmente, a un costado de donde fue extraído o bien, a donde se va a disponer, tomando las precauciones necesarias para no perderlo.  Conforme al programa de obra, se recomienda incluir obras como trampas de sedimentos, barreras de maleza, cubiertas del suelo, cunetas acorazadas y			

<sup>5</sup> Los recursos y costes que se indican a continuación podrán ser actualizados, mejorados o modificados, conforme a las circunstancias que prevalezcan en el proyecto al momento de su ejecución, sin poner en riesgo o afectar la efectividad de la medida ambiental a aplicar.

Línea estratégica	Subprograma 3: Conservación y protección al suelo			
<b>Objetivo</b>	Reducir la pérdida de suelo fértil que será removido de manera que pueda ser reincorporado para rehabilitación del sitio durante la etapa de cierre del proyecto; reducción del volumen de sedimento erosionado aguas arriba de las instalaciones; atrapar y eliminar los sedimentos aguas arriba de la presa de almacenamiento.			
<b>Etapa de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del proyecto (Preparación del sitio, Construcción, Operación - mantenimiento y Abandono)			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>5</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<p>medidas biotécnicas, entre otras.</p> <p>Estabilización del suelo por medio de la revegetación de áreas específicas (en donde sea posible).</p> <p>Protección al suelo con esteras permiten mantener el suelo y las semillas fijas mientras se establece la vegetación y consisten generalmente de material biodegradable como paja, yute o coco.</p>	<p>Principalmente durante la etapa de cierre y abandono. Cada vez que sea posible, de manera simultánea con las etapas de operación y construcción.</p>	<p>Se requerirá, maquinaria, plantas, material biodegradable tal como paja, yute, coco, etc. Se intervendrán las áreas que no ya se hayan liberados por el personal de construcción o mina.</p>	<p>El supervisor ambiental llevará un registro de las áreas, superficies intervenidas, acciones implementadas, así como su estatus de acuerdo a su seguimiento y evaluación de las mismas. Cada vez que sea necesario se intervendrán estas superficies.</p>
Obras de drenaje pluvial	<p>El diseño y ejecución conforme a diseño, disminuirá el riesgo de incrementar los procesos erosivos por la erosión hídrica.</p> <p>Conducir el agua superficial (escurrimiento) hacia afuera de los taludes de cortes y terraplenes.</p>	<p>Las acciones se realizarán preferentemente en temporada de secas, evitando el riesgo de lluvias torrenciales.</p>	<p>No se requiere de recursos adicionales a los destinados a la ejecución de la obra, salvo el tiempo del personal que realiza la supervisión.</p>	<p>El programa de obra detallará las acciones que conforman la actividad, permitiendo la supervisión semanal en la que se constate que lo planeado corresponde a lo realizado.</p>
		Durante todas las etapas del proyecto.	Para la construcción y mantenimiento de estas medidas	El supervisor ambiental junto con el supervisor de obra y/o mina deberán



Línea estratégica	Subprograma 3: Conservación y protección al suelo			
<b>Objetivo</b>	Reducir la pérdida de suelo fértil que será removido de manera que pueda ser reincorporado para rehabilitación del sitio durante la etapa de cierre del proyecto; reducción del volumen de sedimento erosionado aguas arriba de las instalaciones; atrapar y eliminar los sedimentos aguas arriba de la presa de almacenamiento.			
<b>Etapa de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del proyecto (Preparación del sitio, Construcción, Operación - mantenimiento y Abandono)			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>5</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	El promotor implementará un Plan de control y manejo de la erosión para reducir la erosión aguas arriba de la presa de agua fresca (FWD) y de la presa de almacenamiento de agua (WSD, el plan incluye la construcción de diques de contención o piletas de sedimentación que permiten atrapar y recolectar los sedimentos antes de que entren al reservorio.		se estima utilizar, rocas, piedras, gaviones, material de construcción, y maquinaria pesada. El diseño de las piletas de sedimentación deberá tener un fácil acceso para el acceso de equipo pesado, esto con el objetivo de facilitar el mantenimiento.	tener localizado en planos las ubicaciones de estas obras, así como la estimación (m <sup>3</sup> ) de sedimentos retenidos. La evaluación de la ubicación y volumen de sedimentos controlados permitirá establecer pautas para determinar las ubicaciones, tipo y número de obras adicionales que son necesarias de construir.
Caminos de acceso e internos. Mantenimiento de caminos Cierre de caminos	La construcción de los caminos internos debe incluir las obras necesarias para evitar el incremento de los procesos erosivos. Obras civiles tales como cunetas, contra cunetas, cercas vivas, y cualquier otra que defina el programa de obra	Durante la preparación del sitio y construcción, particularmente en el incremento del ancho de vía.	Las obras serán construidas utilizando trazos pre-existente, siempre que sea posible. En tanto que las obras serán definidas a partir de los resultados de los trabajos de topografía y geotécnica. Por ello se consideran parte de la planeación de la actividad y no se estiman montos adicionales.	El programa de obra detallará las acciones que conforman la actividad, permitiendo la supervisión semanal en la que se constate que lo planeado corresponde a lo realizado, durante la etapa de preparación del sitio y construcción. Ya durante la operación, la supervisión será al menos dos veces por año, al finalizar la temporada de lluvias y a mitad de la temporada de secas.

Tabla VII.5. Medidas Protección a los recursos hídricos (Subprograma 4)

Línea estratégica	Subprograma 4: Protección a los recursos hídricos			
<b>Objetivo</b>	Reducir las afectaciones al recurso hídrico a través de la instalación de infraestructura que permita aprovechar y recircular el agua utilizada en el proceso de lixiviación e instalar en las áreas de trabajo sanitarios portátiles a fin de garantizar cero descargas de aguas residuales generadas por el Proyecto.			
<b>Etapa de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del proyecto (Preparación del sitio, Construcción, Operación - mantenimiento y Abandono)			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>6</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Generación de aguas residuales sanitarias por los empleados.	Con la finalidad de no disponer de aguas residuales en el área de proyecto, se contratará el servicio de sanitarios portátiles durante la vida operativa del proyecto. Para lo cual, se contará con proveedores autorizados para la recolección del agua y su adecuado tratamiento y disposición, fuera de las instalaciones del Proyecto.	Durante la vida operativa del proyecto	El monto requerido para el pago del servicio integral de los contratistas.	El responsable ambiental, auxiliado por el personal que designe el líder de proyecto, deberá de llevar el registro de retiro de aguas residuales y limpieza de sanitarios.
	El proceso operativo está diseñado para que sea cero descargas, por lo que no se prevé la descarga de este proceso.		El diseño de la planta de beneficio para que el agua del proceso este recirculando ya está contemplado. Por lo tanto, no se requiere de equipo adicional para mantener la recirculación de agua de proceso.	Supervisión por el encargado de planta para confirmar que el circuito funciona de la manera correcta.

<sup>6</sup> Los recursos y costes que se indican a continuación podrán ser actualizados, mejorados o modificados, conforme a las circunstancias que prevalezcan en el proyecto al momento de su ejecución, sin poner en riesgo o afectar la efectividad de la medida ambiental a aplicar.

Línea estratégica	Subprograma 4: Protección a los recursos hídricos			
<b>Objetivo</b>	Reducir las afectaciones al recurso hídrico a través de la instalación de infraestructura que permita aprovechar y recircular el agua utilizada en el proceso de lixiviación e instalar en las áreas de trabajo sanitarios portátiles a fin de garantizar cero descargas de aguas residuales generadas por el Proyecto.			
<b>Etapa de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del proyecto (Preparación del sitio, Construcción, Operación - mantenimiento y Abandono)			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>6</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Calidad de aguas superficiales y subterráneas	Determinación analítica para la caracterización del jal/mineral gastado/tepetate respecto a peligrosidad y al potencial de generador de drenaje ácido	Antes y durante la etapa de operación y mantenimiento.	Contratación de servicio de muestreo y análisis de laboratorio acreditado. Las muestras serán tomadas directamente del área de almacenamiento o de las pruebas metalúrgicas realizadas al inicio de la operación de la unidad minera, de conformidad con las especificaciones de la NOM-141-SEMARNTA-2003 y NOM-155-SEMARNTA-2007.	El responsable ambiental, que designe el líder de proyecto, deberá de llevar un registro de los datos más significativos de los monitoreos. Resguardara los resultados de los análisis originales entregados por el laboratorio como evidencia de cumplimiento con las Normas antes mencionadas y de las medidas de prevención.
	Se realizarán monitoreos de agua superficial (aguas arriba y aguas debajo de la tepetatera) para determinar la calidad del agua de los cuerpos superficiales, con base en las concentraciones de parámetros físicos y químicos: pH, conductividad, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, grasas y aceites, sólidos disueltos totales, cianuro total, coliformes fecales y metales como plomo, cadmio, cobre, zinc o cualquier otro que pueda en un momento dado derivarse de la tepetatera oeste .	Durante la etapa de operación y mantenimiento, así como en la etapa de cierre y abandono. Para los muestreos deben llevarse a cabo dos análisis de la calidad del agua superficial, el primero al finalizar la temporada de lluvias y el segundo durante el estiaje.  De acuerdo a los primeros resultados se podrá determinar la periodicidad de los monitoreos.	Contratación de servicio de muestreo y análisis de laboratorio acreditado.	El responsable ambiental, que designe el líder de proyecto, deberá de llevar un registro de los datos más significativos de los monitoreos. Resguardara los resultados de los análisis originales entregados por el laboratorio. Los resultados del monitoreo, se deben comparar con los resultados de la Línea base o sitios testigo.  Los datos de los registros de los 3 pluviómetros instalados, así como los datos de los cinco sitios de medición de flujo se incorporarán a los reportes de calidad de agua.  Cuando los resultados de la calidad del agua monitoreada registren una elevación en el índice de contaminantes, con respecto a la

Línea estratégica	Subprograma 4: Protección a los recursos hídricos			
<b>Objetivo</b>	Reducir las afectaciones al recurso hídrico a través de la instalación de infraestructura que permita aprovechar y recircular el agua utilizada en el proceso de lixiviación e instalar en las áreas de trabajo sanitarios portátiles a fin de garantizar cero descargas de aguas residuales generadas por el Proyecto.			
<b>Etapa de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del proyecto (Preparación del sitio, Construcción, Operación - mantenimiento y Abandono)			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>6</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
				calidad del agua de los sitios testigo o sitios de Línea base, debe hacer del conocimiento de la autoridad competente y llevar a cabo las medidas de corrección y saneamientos pertinentes, determinadas por la autoridad o de acuerdo con ésta.
	Se realizarán monitoreos de agua subterránea (aguas arriba y aguas abajo o aledaños de la tepetaera oeste) para efectuar la caracterización física y química del agua subterránea nativa, seleccionando aquellos parámetros directamente asociados a la generación de lixiviados derivados del depósito.	Durante la etapa de operación y mantenimiento, así como en la etapa de cierre y abandono.  De acuerdo a los primeros resultados se podrá determinar la periodicidad de los monitoreos.	Contratación de servicio de muestreo y análisis de laboratorio acreditado. Se necesita construir al menos dos piezómetros o pozos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo de la tepetatera oeste así como de la planta de beneficio, y la construcción de pozos de monitoreo testigos. Maquinaria y equipo de barrenación para la construcción de los piezómetros.	Los resultados analíticos obtenidos se tendrán que comparar con los resultados de la Línea base y de los pozos testigo, además, durante el monitoreo se debe registrar cualquier variación del nivel freático o piezométrico. Elaboración de reportes y bitácora. Si hubiera algún cambio en la calidad que se relacione con la operación del sistema, se debe hacer del conocimiento de la autoridad competente y llevar a cabo las medidas de corrección pertinentes determinadas por la autoridad o de acuerdo con ésta. Bitácora de registro de los piezómetros.
	En caso de ser necesario, se efectuará la caracterización física y química del agua subterránea nativa en cuanto a cianuros, arsénico, cadmio, cobre, cromo,	Durante la etapa de operación y mantenimiento y etapa de cierre y abandono. De acuerdo a los primeros resultados se podrá	Contratación de servicio de muestreo y análisis de laboratorio acreditado.	Los resultados analíticos obtenidos se tendrán que comparar con los resultados de la Línea base y de los pozos testigo Esta medida podrá (al igual que los monitoreos de que corresponden a la

Línea estratégica	Subprograma 4: Protección a los recursos hídricos			
<b>Objetivo</b>	Reducir las afectaciones al recurso hídrico a través de la instalación de infraestructura que permita aprovechar y recircular el agua utilizada en el proceso de lixiviación e instalar en las áreas de trabajo sanitarios portátiles a fin de garantizar cero descargas de aguas residuales generadas por el Proyecto.			
<b>Etapas de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del proyecto (Preparación del sitio, Construcción, Operación - mantenimiento y Abandono)			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>6</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	mercurio, níquel, plomo y zinc, así como con respecto a los parámetros directamente asociados a la generación de lixiviados derivados del proceso.	determinar la periodicidad de los monitoreos.		NOM-141-SEMARNAT-2003), podrán concluirse una vez cumplidas las condiciones aplicables establecidas en la dichas NOMs (141 y 155). En el caso del mineral lixiviado o gastado, solo si no se considera peligroso conforme a lo establecido NOM-155-SEMARNAT-2007.
	Los defectos que se encuentren en el área de desplante de la cortina contenedora o del bordo iniciador, tales como arcillas agrietadas, grietas abiertas en la roca, depósitos de materiales de derrumbe incrustados y suelos permeables, deben corregirse o mejorarse, retirando los materiales sueltos y frágiles, y sellando las grietas abiertas para evitar la tubificación debajo de la cortina contenedora o del bordo iniciador.	Durante toda la etapa de operación y mantenimiento. De ser necesario se supervisarán estas estructuras durante la etapa de cierre y abandono.	Principalmente maquinaria pesada.	Supervisión de las obras y respetando los diseños de construcción.

Línea estratégica	Subprograma 4: Protección a los recursos hídricos			
<b>Objetivo</b>	Reducir las afectaciones al recurso hídrico a través de la instalación de infraestructura que permita aprovechar y recircular el agua utilizada en el proceso de lixiviación e instalar en las áreas de trabajo sanitarios portátiles a fin de garantizar cero descargas de aguas residuales generadas por el Proyecto.			
<b>Etapas de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del proyecto (Preparación del sitio, Construcción, Operación - mantenimiento y Abandono)			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>6</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<p>Una vez que la tepetatera oeste llegue al final de su vida útil, se deben implementar medidas que aseguren que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>No se emitan partículas sólidas a la atmósfera como producto de la pérdida de humedad de la superficie;</li> <li>No se formen escurrimientos que afecten a cuerpos de agua superficiales y subterráneos.</li> </ul>	Etapa de cierre y abandono.	Personal operativo, planta para reforestar, suelo fértil, pipas con aspersores, etc.	El cumplimiento de esta medida se reforzará con las medidas propuestas en el subprograma para la conservación y protección del suelo, rehabilitación de áreas degradadas, así como las acciones propuestas en el plan de control de la erosión. De todo lo anterior el supervisor ambiental deberá de llevar un registro claro a fin de determinar cuáles son las áreas que requieren de la aplicación de estas medidas.
	En caso de ser posible, dado el diseño de sistema de lixiviación se debe contar con un sistema de detección y control de fugas y/o derrames de las soluciones contenidas en los tanques.	Durante la etapa de operación y mantenimiento.	Instalación de un equipo automático de detección de fugas en el sistema de isotanques o tuberías (en caso de requerirse). Personal de supervisión.	El responsable de la planta de benéfico, auxiliado por el personal que técnico que opere en ese lugar, deberá de llevar el registro de los diferentes tipos de mantenimientos, así como de las inspecciones diarias a los equipos.

Línea estratégica	Subprograma 4: Protección a los recursos hídricos			
<b>Objetivo</b>	Reducir las afectaciones al recurso hídrico a través de la instalación de infraestructura que permita aprovechar y recircular el agua utilizada en el proceso de lixiviación e instalar en las áreas de trabajo sanitarios portátiles a fin de garantizar cero descargas de aguas residuales generadas por el Proyecto.			
<b>Etapa de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del proyecto (Preparación del sitio, Construcción, Operación - mantenimiento y Abandono)			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>6</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	Mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura de planta de beneficio (impermeabilizaciones, drenaje cerrado). En el <b>Anexo VII.2</b> y <b>Anexo VII.3</b> se presenta el Programa de manejo de residuos mineros y el Programa de monitoreo de agua superficial y subterránea, respectivamente. Los cuales han de implementarse con la finalidad de confirmar que las actividades o residuos del proyecto no contaminan este recurso.		Contratación de servicio de mantenimiento periódico especializado.	

Tabla VII.6. Medidas Rescate y reubicación de flora (Subprograma 5)

Línea estratégica	Subprograma 5: Rescate y reubicación de flora			
<b>Objetivo</b>	Reducir la afectación a la flora silvestre por las actividades del proyecto, mediante el retiro y relocalización de individuos en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010, en zonas fuera y dentro del Proyecto y; recolectar, conservar el germoplasma para su reincorporación durante la rehabilitación del sitio.			
<b>Etapas de aplicación / duración.</b>	Preparación del sitio, construcción y Abandono.			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>7</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Despalme y desmonte	Rescate y reubicación de individuos de especies vegetales presentes en el AP consideradas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Durante la etapa de preparación de sitio, previo a las actividades de despalme y desmonte.	Se considera el rescate y reubicación de individuos en general y pertenecientes a especies en riesgo, y de aquellos que tengan más probabilidades de sobrevivir, Las brigadas responsables de ejecutar estas actividades deberán de contar con los mapas y planos de los sitios en donde ha de realizarse el rescate y de las áreas de reubicación.	El responsable ambiental del proyecto, se encargará de registrar mensualmente la sobrevivencia de los individuos y las superficies restauradas, durante el primer año, para después realizar el registro de forma semestral.
Abundancia y distribución de flora	Con la finalidad de conservar la cobertura vegetal, se incluyen actividades tales como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• recuperación del material de despalme,</li> <li>• creación de brechas cortafuego perimetrales, mantenimiento de líneas de siembra, desyerbe y monitoreo de sobrevivencia, entre otras</li> <li>• acciones de protección a la flora</li> </ul>	Construcción, operación y mantenimiento, abandono y cierre.	Se considera necesarios los siguientes recursos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• sitio de almacén de suelo fértil</li> <li>• palas, barretas, picos, machetes, motosierras.</li> <li>• Semillas de especies de la región, plantas.</li> <li>• Letreros o señalización.</li> </ul>	El responsable ambiental deberá de llevar un registro de la cantidad de suelo fértil recuperado en M3. Planos o mapas donde se identifiquen los sitios que requieren de brechas cortafuegos. Registro de no. de obras y tipo de obras por superficie rehabilitadas o reforestadas. Registro fotográfico de las señalizaciones de protección a la flora.

<sup>7</sup> Los recursos y costes que se indican a continuación podrán ser actualizados, mejorados o modificados, conforme a las circunstancias que prevalezcan en el proyecto al momento de su ejecución, sin poner en riesgo o afectar la efectividad de la medida ambiental a aplicar.



Línea estratégica	Subprograma 5: Rescate y reubicación de flora			
<b>Objetivo</b>	Reducir la afectación a la flora silvestre por las actividades del proyecto, mediante el retiro y relocalización de individuos en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010, en zonas fuera y dentro del Proyecto y; recolectar, conservar el germoplasma para su reincorporación durante la rehabilitación del sitio.			
<b>Etapas de aplicación / duración.</b>	Preparación del sitio, construcción y Abandono.			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>7</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	mediante letreros o señalizaciones.  En el <b>Anexo VII. 4</b> se presenta el Programa de rescate y reubicación de flora.			

Tabla VII.7. Medidas Rescate y reubicación de fauna (Subprograma 6)

Línea estratégica	Subprograma 6: Rescate y reubicación de fauna			
Objetivo	Reducir la afectación a la fauna silvestre por las actividades del proyecto, mediante el ahuyentamiento y rescate de individuos en zonas de trabajo del proyecto, así como en las áreas circundantes.			
Etapa de aplicación / duración.	Preparación del sitio, construcción y Abandono.			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>8</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Despalme y desmonte	<p>Actividades de rescate y reubicación de individuos de especies de fauna de lento desplazamiento, especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y aquellas especies consideradas prioritarias para la conservación en México.</p> <p>Así como el ahuyentamiento previo al inicio de actividades de remoción de vegetación.</p> <p>En el <b>Anexo VII.5</b> se presenta el Programa de ahuyentamiento y rescate de fauna.</p>	<p>Durante la etapa de preparación de sitio, previo a las actividades de despalme y desmonte.</p>	<p>Para las acciones de rescate se requiere de conocer el programa de obra y su duración, con especificaciones sobre los frentes que inicien.</p> <p>A partir de dicho programa, se podrán coordinar las actividades para el rescate de individuos de lento desplazamiento, así como la intensidad con la que deba de ser realizado el rescate.</p> <p>Para la reubicación se deberán de conocer lo sitios, previamente seleccionados de acuerdo a características similares.</p>	<p>El responsable ambiental del proyecto supervisará las actividades realizadas por contratistas, quienes deberán de contar con permiso para el manejo de fauna silvestre, con forme lo establece la Ley General de Vida Silvestre.</p>

<sup>8</sup> Los recursos y costes que se indican a continuación podrán ser actualizados, mejorados o modificados, conforme a las circunstancias que prevalezcan en el proyecto al momento de su ejecución, sin poner en riesgo o afectar la efectividad de la medida ambiental a aplicar.

Tabla VII.8. Medidas Manejo de sustancias peligrosas (Subprograma 7)

Línea estratégica	Subprograma 7: Manejo de sustancias peligrosas			
<b>Objetivo</b>	Manejo responsable de las sustancias peligrosas utilizadas en el proyecto, tales como el Cianuro de Sodio (NaCN).			
<b>Etapas de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del proyecto			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>9</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Riesgos	<p>Con la finalidad de reducir accidentes, incidentes, o lesiones a trabajadores, durante el proceso operativo en el área de planta de beneficio se impartirán a los trabajadores de que trabajen en esta área respecto a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>capacitaciones de uso y manejo de las sustancias peligrosas utilizadas en el proyecto</li> <li>capacitaciones de respuesta a emergencias por los posibles riesgos.</li> </ul>	<p>Estas capacitaciones y evaluaciones se impartirán de manera periódica para asegurar que el personal cuenta con los conocimientos necesarios.</p>	<p>El manejo de las sustancias dentro del Proyecto y de la planta de beneficio serán de acuerdo a las especificaciones de las normas y hojas de seguridad.</p>	<p>Las actividades de supervisión a cargo del responsable de la planta de beneficio, quien deberá llevar el registro de las cantidades utilizadas durante el proceso, incidentes, accidentes.</p>
	<p>Almacenamiento de sustancias será en de acuerdo a las especificaciones de la NOM-005-STPS-1998.</p>	<p>Durante la etapa de operación y mantenimiento</p>	<p>Se requiere la construcción de un almacén para el resguardo de dichas sustancias.</p>	
	<p>El transporte de las sustancias al proyecto se realizará conforme a los protocolos de seguridad, siempre con</p>			

<sup>9</sup> Los recursos y costes que se indican a continuación podrán ser actualizados, mejorados o modificados, conforme a las circunstancias que prevalezcan en el proyecto al momento de su ejecución, sin poner en riesgo o afectar la efectividad de la medida ambiental a aplicar.

Línea estratégica	Subprograma 7: Manejo de sustancias peligrosas			
<b>Objetivo</b>	Manejo responsable de las sustancias peligrosas utilizadas en el proyecto, tales como el Cianuro de Sodio (NaCN).			
<b>Etapa de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del proyecto			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>9</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	embalaje de seguridad para evitar fugas o derrames y en transporte autorizado.			

Tabla VII.9. Medidas Concienciación ambiental (Subprograma 8)

Línea estratégica	Subprograma 8: Concienciación ambiental			
Objetivo	Generar conciencia de la importancia en el personal de Minera Gorrión y contratistas sobre el cuidado y protección de los recursos naturales presentes en el AP y SAR.			
Etapa de aplicación / duración.	Durante toda la vida del proyecto			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>10</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Presencia de colaboradores en el área y disminución de su huella en el SAR.	Las actividades consideradas se circunscriben básicamente a la capacitación y sensibilización del personal propio, así como perteneciente a contratistas y subcontratistas, en temas de protección a la vegetación y la fauna, manejo y separación de residuos, uso eficiente del agua, etc.	La capacitación se considera una constante a lo largo de la vida útil del proyecto y vital durante la preparación del sitio y construcción, dado el número de trabajadores involucrados.	Durante la etapa de preparación del sitio, construcción, y operación y mantenimiento, el promovente deberá exigir a contratistas y subcontratistas que la capacitación en materia ambiental.	Es importante que la capacitación sea impartida y a la vez resulte efectiva. Por ello se han considerado indicadores que tienen que ver con el número de cursos impartidos y el número de personas capacitadas; sin olvidar la que todo personal capacitado presente un examen para demostrar que se entendieron los temas.  Incluso, en el supuesto de que se requiere impartir nuevamente capacitación sobre los mismos temas a personal que haya cometido infracciones en cuanto a las normas internas de separación de residuos o respeto a la vegetación y la fauna, la estadística servirá para mejorar los temas impartidos, así como las formas de capacitación.

<sup>10</sup> Los recursos y costes que se indican a continuación podrán ser actualizados, mejorados o modificados, conforme a las circunstancias que prevalezcan en el proyecto al momento de su ejecución, sin poner en riesgo o afectar la efectividad de la medida ambiental a aplicar.

Tabla VII.10. Medidas Manejo integral de residuos peligrosos (Subprograma 9)

Línea estratégica	Subprograma 9: Manejo integral de residuos peligrosos			
Objetivo	Evitar la contaminación de los recursos naturales debido a un mal manejo de residuos peligrosos generados durante toda la vida del Proyecto.			
Etapa de aplicación / duración.	Durante toda la vida del Proyecto			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>11</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Calidad de suelo, agua superficial, agua subterránea.	<p>Con la finalidad de evitar la dispersión y riesgo de contaminación a recursos por la presencia de residuos peligroso en las áreas de trabajo se aplicarán las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>realizar rutinas de supervisión para verificar que las áreas estén libres de residuos peligrosos</li> <li>construcción de almacén de materiales y residuos peligrosos y de manejo especial con las medidas de seguridad establecidas en las leyes, reglamentos y normas</li> <li>colocación de contenedores específicos y adecuados para el correcto</li> </ul>	Estas acciones se implementarán durante todas las etapas del proyecto.	<p>Los recursos necesarios para que se lleven a cabo estas acciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Personal de inspección</li> <li>Construcción de almacén de acuerdo a las especificaciones de la ley y normatividad aplicable.</li> <li>Contenedores especiales para almacenar residuos peligrosos.</li> <li>Contratación de servicios de recolección, transporte, tratamiento o disposición final por empresas autorizadas.</li> </ul>	El responsable ambiental deberá llevar un registro completo (bitácora) de la cantidad por tipo de residuos (kg, l, según sea el caso). Se solicitarán copia de los manifiestos por tratamiento o disposición final de estos residuos como evidencia de cumplimiento de acuerdo a la ley.

<sup>11</sup> Los recursos y costes que se indican a continuación podrán ser actualizados, mejorados o modificados, conforme a las circunstancias que prevalezcan en el proyecto al momento de su ejecución, sin poner en riesgo o afectar la efectividad de la medida ambiental a aplicar.

Línea estratégica	Subprograma 9: Manejo integral de residuos peligrosos			
Objetivo	Evitar la contaminación de los recursos naturales debido a un mal manejo de residuos peligrosos generados durante toda la vida del Proyecto.			
Etapa de aplicación / duración.	Durante toda la vida del Proyecto			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>11</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	almacenamiento todos los residuos peligrosos generados <ul style="list-style-type: none"> <li>contratación de servicio de recolección, transporte y disposición de Residuos Peligrosos y Manejo de residuos peligrosos con empresas autorizadas por la secretaría.</li> </ul>			

Tabla VII.11. Medidas Manejo integral de residuos urbanos (Subprograma 10)

Línea estratégica	Subprograma 10: Manejo integral de residuos urbanos			
Objetivo	Evitar la contaminación de los recursos naturales debido a un mal manejo de residuos sólidos urbanos generados durante toda la vida del proyecto.			
Etapa de aplicación / duración.	Durante toda la vida del Proyecto			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>12</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Calidad de suelo, agua superficial, agua subterránea.	<p>Con la finalidad de evitar la dispersión y riesgo de contaminación a recursos por la presencia de residuos peligrosos en las áreas de trabajo se aplicarán las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• colocar contenedores especiales para los diferentes tipos de residuos en áreas estratégicas del proyecto</li> <li>• Reciclar y aprovechar diferentes tipos de residuos con valor, por ejemplo, PET, cartón, aluminio, vidrio</li> <li>• realizar rutinas de supervisión para verificar que las áreas de trabajo estén libres de residuos de este tipo.</li> </ul>	Estas acciones se implementarán durante todas las etapas del proyecto.	<p>Los recursos necesarios para que se lleven a cabo estas acciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal de inspección</li> <li>• Construcción de almacén de acuerdo a las especificaciones de la ley y normatividad aplicable.</li> <li>• Contenedores especiales para almacenar residuos sólidos urbanos</li> <li>• Contratación de servicios de recolección y disposición final.</li> </ul>	<p>El responsable ambiental deberá llevar un registro completo (bitácora) de la cantidad por tipo de residuos (Kg, L, según sea el caso) que es generada, reciclada y puesta a disposición final. Se solicitarán los acuses por disposición final de estos residuos.</p>

<sup>12</sup> Los recursos y costes que se indican a continuación podrán ser actualizados, mejorados o modificados, conforme a las circunstancias que prevalezcan en el proyecto al momento de su ejecución, sin poner en riesgo o afectar la efectividad de la medida ambiental a aplicar.



Tabla VII.12. Medidas Rehabilitación de áreas degradadas (Subprograma 11)

Línea estratégica	Subprograma 11: Rehabilitación de áreas degradadas			
<b>Objetivo</b>	Mantener una abundancia optima de vegetación a través de la reforestación de especies endémicas y locales en áreas estratégicas, dando prioridad a las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y a especies consideradas como prioritarias para la conservación. .			
<b>Etapa de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del Proyecto			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>13</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Restitución del área, calidad visual.	<p>Con la intención de mantener una abundancia optima de vegetación a través de las acciones de rehabilitación se ejecutarán lo siguiente:</p> <p>Formación de camas de siembra para la producción de especies propias de la región o compra de plantas para reforestar.</p> <p>Mejoras a las configuraciones finales de los cortes y rellenos para disminuir el impacto en escorrentías y se eliminarán los canales y bermas.</p> <p>En el <b>Anexo VII.6</b> se presenta el Plan de cierre, en el cual se establecen de manera conceptual las medidas de rehabilitación que han de llevarse a cabo para la</p>	Estas acciones se pretenden implementar durante la etapa de abandono y cierre principalmente, sin embargo, se tratará llevarlas a cabo de manera simultánea a la etapa de operación y aplicarlas en aquellas áreas que hayan sido liberadas o que se asegure que no serán intervenidas por obras o actividades del proyecto.	<p>Para llevarse a cabo estas actividades será necesario contar con un plano que señale las áreas que se podrán utilizar para reforestar o rehabilitar. Los responsables de mina y obra deberán de liberar y entregar al responsable ambiental dichas áreas para comenzar las actividades. Algunos requerimientos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas o sitios liberados</li> <li>• Plantas para reforestar o bien semillas para su siembra.</li> <li>• Construcción de cercas para evitar el paso a vehículos, ganado (si es necesario) y señalamiento que indiquen que es un área reforestada.</li> <li>• Maquinarias que ayude a mejorar la forma de relieve si fuera necesario.</li> <li>• Personal de supervisión</li> <li>• Personal de mantenimiento para el cuidado de las plantas.</li> </ul>	<p>El responsable ambiental deberá de llevar el registro y resguardo de la información detallada de cada sitio intervenido para su posterior seguimiento y evaluación. Algunos de los datos que pueden recabarse son los siguientes:</p> <p>Supervivencia y crecimiento de los ejemplares sembrados y plantados, tipo de mantenimiento en cada área reforestada y restaurada, mejoras al relieve, etc.</p>

<sup>13</sup> Los recursos y costes que se indican a continuación podrán ser actualizados, mejorados o modificados, conforme a las circunstancias que prevalezcan en el proyecto al momento de su ejecución, sin poner en riesgo o afectar la efectividad de la medida ambiental a aplicar.

Línea estratégica	Subprograma 11: Rehabilitación de áreas degradadas			
<b>Objetivo</b>	Mantener una abundancia optima de vegetación a través de la reforestación de especies endémicas y locales en áreas estratégicas, dando prioridad a las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y a especies consideradas como prioritarias para la conservación. .			
<b>Etapa de aplicación / duración.</b>	Durante toda la vida del Proyecto			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios, equipos, obras, instrumentos <sup>13</sup>	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	rehabilitación de las áreas que han sido intervenidas por el proyecto.			

Cabe mencionar que, las medidas de prevención, mitigación y rehabilitación han sido propuestas considerando las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas, presentadas en el Capítulo III, que son aplicables a la naturaleza del Proyecto, en materia de aire, residuos, ruido, agua, suelo, flora y fauna, así como las Normas que son aplicables en materia de seguridad en el trabajo.

### **VII.3 Seguimiento y control**

Parte esencial del éxito de la recuperación de los factores o parámetros ambientales afectados es la aplicación en tiempo y forma de las acciones o medidas de prevención, mitigación y restauración, así como del establecimiento de mecanismos para el seguimiento, supervisión, revisión de resultados obtenidos de la información que se genere tras la aplicación de las acciones o medidas, evaluación de su aplicación y toma de decisiones a fin de cumplir con los objetivos del PVA.

El seguimiento y control ha de efectuarse de forma continua a lo largo de la vida útil del proyecto. Para llevar un “control” en tiempo real se utilizarán los indicadores presentados en el Capítulo VI, éstos permitirán que veamos la evolución y efectividad de las acciones y medidas.

De forma general, los mecanismos para el seguimiento y control para este proyecto son:

- Calendarizar por etapa, las acciones o medidas consideradas en el PVA: esto permitirá detectar que medidas pueden realizarse de manera simultánea y aquellas que pueden hacer sinergia.
- Establecer plazos para la obtención de resultados óptimos en cada una de las etapas del proyecto.
- Conocer los indicadores que serán utilizados en cada etapa del proyecto ya que estos facilitarán un posterior análisis de las condiciones de las áreas intervenidas.
- Elaborar reportes con la mayor información posible observada en campo tanto de las áreas de trabajo como de los parámetros ambientales que serán afectados. Esto permitirá tener un punto de comparación.
  - Reportes puntuales o específicos
  - Reportes de acciones preventivas y correctivas
  - Reportes de visita
  - Reportes mensuales
  - Reportes extraordinarios
- Registrar en las bitácoras la mayor cantidad de información posible a cerca de los indicadores y del estado del medio ambiente, antes y después de la aplicación de las acciones o medidas.
- Una vez aplicadas las medidas o acciones, evaluar la información obtenida: la evaluación permite comparar el objetivo planteado con la realidad.
- Si fuera necesario, corregir y subsanar posibles carencias en su implantación aprobando nuevas metas a partir de los resultados obtenidos.
- De ser el caso, adoptar nuevas medidas no previstas.
- La inclusión o la modificación de medidas serán propuestas por el responsable ambiental a cargo del seguimiento y pasará por la aprobación del director del proyecto.

#### VII.4 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas.

Los recursos estimados para la aplicación y ejecución de las medidas de prevención y mitigación se muestran en la siguiente

Tabla VII.13. Costos estimados para la aplicación de las medidas propuestas en el PVA

Medidas de prevención y mitigación aplicables en las etapas del Proyecto		
Actividad	Actividad a Realizar	Costos (MXN)
<u>Control de emisiones a la atmósfera</u>	Instalación de señalamiento vial en caminos internos y de acceso a la mina	\$1 200 000
	Riego en caminos y áreas de trabajo	\$20 000 000
	Mantenimiento a equipo y maquinaria para mantener el equipo en condiciones óptimas de operación y minimizar la generación de gases y partículas.	\$80 000 000
	Instalación de equipos de control de emisiones de gases y partículas en fuentes fijas en Laboratorio y quebradoras.	*
	Instalación de sistemas de control, (aspersores de agua, colectores de polvo, casas de bolsas) para el control de partículas en trituración.	*
<u>Control de ruido</u>	Instalación de sonómetro para monitoreo informal y aleatorio	\$50 000
	Monitoreo mensual (en caso de requerirse) niveles de ruido áreas de trabajo.	\$5 020 000
<u>Conservación y protección al suelo</u>	Restringir el despalme, excavación y nivelación, así como las acciones de cortes y rellenos a las áreas estrictamente necesarias.	*
	Recuperación y cuidado del suelo fértil	\$1 500 000
	Construcción de obras como trampas de sedimentos, gaviones, barreras de maleza, cubiertas del suelo, cunetas acorazadas y medidas biotécnicas, entre otras.	\$5 200 000
	Construcción de obras de drenaje pluvial y control de escurrimientos.	*
	Construcción de obras civiles tales como cunetas, contra cunetas, cercas vivas, y cualquier otra que defina le programa de obra.	*
<u>Protección a los recursos hídricos</u>	Servicio integral de sanitarios portátiles durante la vida operativa del proyecto con proveedores autorizados para la limpieza, recolección del agua y su adecuado tratamiento y disposición, fuera de las instalaciones del proyecto.	\$9 500 000
	Monitoreo de aguas superficial y subterránea para verificar su calidad.	\$104 000 000
	Análisis para la caracterización de jales, mineral gastado y tepetate, respecto a su peligrosidad o potencial de generar drenaje ácido.	\$50 000 000
	Instalación-construcción-monitoreo de dos piezómetros para monitoreo aguas arriba y aguas debajo de la tepetatera oeste.	\$90 000 000
	Arreglo de los defectos estructurales de la tepetatera oeste.	*
	Instalación de un sistema de monitoreo de detección de fugas en la planta de beneficio.	\$500 000 000
	Mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura de planta de beneficio (impermeabilizaciones, drenaje cerrado).	\$25 000 000

<b>Medidas de prevención y mitigación aplicables en las etapas del Proyecto</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Actividad a Realizar</b>	<b>Costos (MXN)</b>
<u>Rescate y reubicación de Flora</u>	Rescate y reubicación de individuos de especies vegetales presentes en el AP consideradas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010	\$10 100 000
	Recuperación del material de despalme (suelo fértil) y mantenimiento	\$1 000 000
	Creación de brechas cortafuego perimetrales, mantenimiento de líneas de siembra, desyerbe y monitoreo de sobrevivencia, entre otras	\$1 100 000
	Acciones de protección a la flora mediante letreros o señalizaciones.	\$80 000
<u>Rescate y reubicación de Fauna</u>	Realización de campañas de campo en las áreas de trabajo para el ahuyentamiento y ayudar en la movilización y manejo de la fauna de lento desplazamiento.	\$8 000 000
	Actividades de reubicación	
<u>Manejo de sustancias peligrosas</u>	Capacitaciones de uso y manejo de las sustancias peligrosas utilizadas en el proyecto	\$7 000 000
	Capacitaciones de respuesta a emergencias por los posibles riesgos.	
	Almacenamiento de sustancias será en de acuerdo a las especificaciones de la NOM-005-STPS-1998.	\$2 000 000
<u>Concienciación ambiental</u>	Capacitaciones a personal propio del proyecto, así como a contratistas en temas de protección a la vegetación y la fauna, manejo y separación de residuos, uso eficiente del agua, etc.	\$3 850 000
<u>Manejo integral de residuos peligrosos</u>	Rutinas de supervisión para verificar que las áreas de trabajo estén libres de residuos peligrosos.	*
	Construcción de almacén de materiales y residuos peligrosos y de manejo especial con las medidas de seguridad establecidas en las leyes, reglamentos y normas.	*
	Colocación de contenedores específicos y adecuados para el correcto almacenamiento todos los residuos peligrosos generados	\$1 500 000
	Contratación de servicio de recolección, transporte y disposición de Residuos Peligrosos y Manejo de residuos peligrosos con empresas autorizadas por la secretaría.	\$2 200 000
<u>Manejo integral de residuos urbanos</u>	Colocar contenedores especiales para los diferentes tipos de residuos en áreas estratégicas del proyecto	\$500 000
	Reciclar y aprovechar diferentes tipos de residuos con valor, por ejemplo, PET, cartón, aluminio, vidrio.	*
	Contratación disposición final de residuos	\$2 200 000
	Realizar rutinas de supervisión para verificar que las áreas de trabajo estén libres de residuos de este tipo.	*
<u>Rehabilitación de áreas degradadas</u>	Formación de camas de siembra para la producción de especies propias de la región.	\$9 000 000
	Producción en el vivero o compra de plantas para reforestar	\$19 000 000
	Mejoras a las configuraciones finales de los cortes y rellenos para disminuir el impacto en escorrentías y se eliminarán los canales y bermas	*
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$959 000 000</b>

\*Las medidas que no señalan un costo están contempladas en los costos de operación.

Página intencionalmente dejada en blanco.

## **Anexo VII.1 Modelación de dispersión de polvos fugitivos**

## Anexo VII.2 Programa de Manejo de Residuos Mineros



### **Anexo VII.3 Programa de monitoreo de agua superficial y subterránea**

## Anexo VII.4 Programa de rescate y reubicación de flora

## **Anexo VII.5 Programa de ahuyentamiento y rescate de fauna**

## Anexo VII.6 Plan de Cierre Conceptual



**CORPORACIÓN AMBIENTAL DE MÉXICO**

Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.  
Patricio Sanz #1609, Torre 2, Piso 6  
Col. Del Valle Sur, Del. Benito Juárez  
Ciudad de México, C.P. 03100  
[mexico@cam-mx.com](mailto:mexico@cam-mx.com)  
Tels. +52 (55) 5538.0727  
+52 (55) 5538.4693

## **CAPÍTULO VIII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**

### **Contenido**

VIII.1. Pronóstico del escenario.....	3
VIII.2. Pronóstico ambiental.....	11
VIII.3. Evaluación de alternativas. ....	12
VIII.4. Conclusiones. ....	13

### **Tablas**

Tabla VIII-1. Pronósticos de los escenarios.....	5
--	---



### **VIII.1. Pronóstico del escenario**

La zona en la que pretende establecerse el Proyecto para aprovechar el mineral del yacimiento, se localiza, de acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), dentro de las Regiones Ecológicas 18.32 y 16.10, particularmente en las Unidades Ambientales Biofísicas 117 “Karst Huasteco Sur”, y 57 “Depresión Oriental (de Tlaxcala y Puebla)”, respectivamente.

Las políticas ambientales de estas Unidades Ambientales son: restauración, preservación y aprovechamiento sustentable y considera como coadyuvantes y asociado del desarrollo a la actividad minera.

Cabe destacar que la actividad minera tiene alta importancia como coadyuvante y asociados al desarrollo en la UAB 117 y 57, respectivamente, por lo tanto, el uso de suelo de la zona es compatible con la actividad, actualmente en la región se desarrollan trabajos de exploración minera.

De acuerdo con la información de la Sistema Geológico Mexicano (SGM) la región en la que se localiza el proyecto está considerada como región minera. A partir del año de 1950 se inicia la explotación formal de los minerales no metálicos dentro del Estado, desde entonces Puebla se ha convertido en un importante productor de minerales no metálicos. Para los minerales metálicos como el oro, cobre, plomo y zinc en los últimos 50 años, solamente se ha registrado actividad esporádica<sup>1</sup>. Actualmente el promovente realiza en la región actividades de exploración (Véase Figura VIII.1. Las zonas en color rosa corresponden a regiones mineras metálicas mientras que el resto se consideran regiones mineras no metálicas).

---

<sup>1</sup> SE - SGM Panorama minero del Estado de Puebla, 2016. (Recurso disponible en: <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/PUEBLA.pdf>)

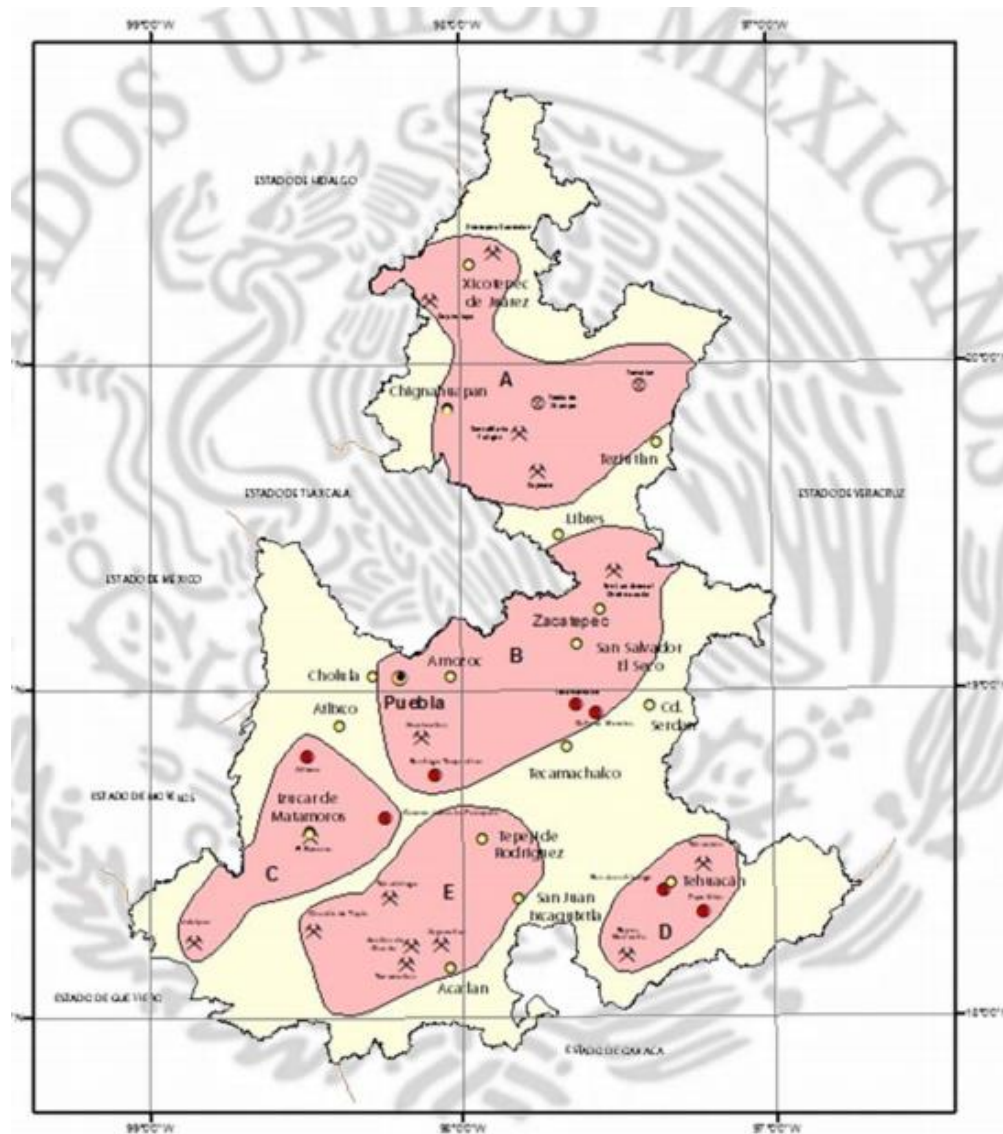


Figura VIII.1. Regiones mineras en el estado de Puebla

Fuente: Documento Panorama Minero del Estado de Puebla. Pág.10.

A continuación, en la Tabla VIII-1, se presentan los escenarios posibles con base en el estado actual de los componentes del SAR, características de la región, y características del diseño del Proyecto: Estos escenarios son: (i) Escenario 1, sin el desarrollo del proyecto, (ii) Escenario 2, con el desarrollo del proyecto y sin medias y (iii) Escenario 3, con el desarrollo del proyecto y con medidas.



Tabla VIII-1. Pronósticos de los escenarios

Factor	Descripción	Escenario 1 (Sin Proyecto)	Escenario 2 (Con Proyecto y sin Medidas)	Escenario 3 (Con Proyecto y con Medidas)
Uso de Suelo	<p>El uso de suelo predominante en el AP (1 044.02 ha) es vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate con una superficie de 678.35 ha, el segundo y tercer tipo de vegetación con mayor ocupación son agricultura de temporal anual y agricultura anual y permanente, con 191.48 ha y 88.93 ha, respectivamente. Seguido de pastizal inducido (84.71 ha) y una pequeña superficie de bosque de táscate (0.55 ha).</p>	<p>En el caso de pérdida de suelo por erosión tanto hídrica como eólica en el AP es moderada en la mayor parte de la superficie (46.38%) es la moderada, perdiéndose en esta categoría de 10-50 toneladas de suelo/ha/año.</p>	<p>El arranque y operación del proyecto implica el cambio de uso del suelo de forestal a industria. Para la construcción y operación del proyecto e requerirá de manera gradual la superficie del AP.</p> <p>Con este cambio de uso del suelo los procesos erosivos se verían potencialmente favorecidos dadas las actividades de desmonte y despalme, lo que incrementaría la pérdida de suelo y la disminución de la recarga del acuífero.</p> <p>Por otra parte, se considera que el cambio de uso del suelo no autorizado puede incrementarse y que la vegetación natural puede perderse a causa del incremento de superficies utilizadas como tierras de agricultura y aprovechamiento forestal (actividades que les generan un ingreso económico a los habitantes de la región), además de los posibles incendios.</p> <p>De manera remota existe la probabilidad de ocurrencia de causar contaminación al suelo por derrames de aceites y combustibles, u otros químicos en almacenes, talleres, y caminos.</p> <p>De no implementarse medidas de prevención y mitigación, el cambio de uso del suelo puede continuar en detrimento de la región, siendo un factor para acelerar la fragmentación de los ecosistemas.</p>	<p>Acciones para la protección y conservación de suelo, las actividades de reforestación y la implementación de prácticas constructivas esta dirigidas para que disminuyan o al menos controlen los procesos erosivos, contribuirán a que los usos del suelo se mantengan, además de contribuir a poner freno a la posible fragmentación de los ecosistemas.</p> <p>La implementación de un programa integral de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y peligrosos, así como capacitaciones evitará que recursos como suelo y aguas se vean afectados por la dispersión o contactos con éstos.</p>
Aire	<p>No existen dentro del área de estudio (SAR y AP) estaciones de monitoreo de la calidad del aire. Ello no es causa para suponer una buena calidad del aire, en función de que la topografía es muy alomada y fuertemente diseccionada, lo que dificulta la</p>	<p>Debido a que el SAR y el AP, se encuentran alejados de centros de desarrollo urbanos y a que no se encuentra ningún tipo de industria que tenga algún tipo de emisión considerable o fuentes fijas, este parámetro ambiental no se ve comprometido.</p>	<p>Con la apertura del proyecto el tránsito de vehículos en la región y el tránsito de vehículos y maquinaria dentro del AP será constante, la actividad de trituración del mineral, y el material disponible (jales/tepetate) en la tepetatera oeste producirá suspensión de polvos y gases de combustión.</p>	<p>El Proyecto con las medidas planteadas, de riego de agua y/o aplicación de estabilizadores de suelo para controlar el polvo/ (emisión de partículas a la atmósfera) resultará mínima ya que su aplicación será constante durante la vida útil del proyecto.</p> <p>Además, la posibilidad de prevención y combate oportuno a incendios forestales</p>

Factor	Descripción	Escenario 1 (Sin Proyecto)	Escenario 2 (Con Proyecto y sin Medidas)	Escenario 3 (Con Proyecto y con Medidas)
	<p>dispersión de contaminantes generados por fuentes móviles.</p> <p>En cuanto a partículas, hay suspensión de éstas principalmente en los caminos existentes de terracería.</p>	<p>Sin embargo, en la región y área de proyecto existen caminos sobre los que circulan vehículos de los habitantes de las comunidades cercanas al Proyecto, así como transporte público, con la circulación de estos vehículos hay suspensión de partículas y generación de gases de combustión. Durante la época de estiaje, la calidad del aire se ve afectada por la emisión de partículas suspendidas resultante del tránsito de vehículos.</p> <p>Otro tema son los incendios forestales que terminan repercutiendo en la calidad del aire, así como a las poblaciones de flora y fauna.</p>	<p>Por otra parte, los habitantes seguirán transitando sobre los caminos comunales o sobre los caminos mejorados por la apertura del proyecto.</p> <p>En la temporada seca, puede ser un problema ya que se puede generar una inconformidad en las comunidades cercanas que se ven afectadas por la falta de un control sobre la generación de partículas suspendidas (polvo).</p> <p>Dado que habrá maquinaria operando se espera un incremento solo en el AP, pero no será significativo para que sea percibido en alguna de las comunidades.</p>	<p>remite a una contribución significativa en la calidad del aire de la región.</p> <p>En el tema de ruido, los niveles no serán excesivos, no serán percibidos a fuentes receptoras más cercanas ya que las comunidades se encuentran aproximadamente 1 y 2 km de distancia.</p> <p>En las áreas de trabajo los trabajadores contarán con equipo de protección especial necesario.</p> <p>De acuerdo a los resultados del estudio de modelación de dispersión de polvos las fuentes principales de emisión de polvos son los caminos, Seis localidades son las afectadas: Sta. María Zotoltepec, Tuligtic, Tlayehualacingo, Ixtacamaxtitlán, Zitalcuaatla, San Alfonso y Coayuca.</p> <p>El equipo y maquinaria estarán sujetos a un mantenimiento periódico.</p>
<p><b>Hidrología</b></p>	<p>El agua dentro del AP se clasifica generalmente como neutra a ligeramente básica, dura a muy dura y bien amortiguada, con turbidez variable y sólidos suspendidos totales (TSS). Con variaciones en Las concentraciones totales y disueltas de algunos metales (aluminio, cobre, hierro cromo y plomo</p>	<p>El Proyecto no requiere la construcción ni extracción de agua subterránea. El proyecto solamente utilizará agua pluvial para lo cual, se incluye un sistema de presas que proporcionen agua al proceso operativo (si es necesario) durante toda la vida del proyecto. Estas obras captarán el agua pluvial y contarán con una estación de bombeo y tubería para transferir el agua recolectada al sitio de la planta y a la comunidad.</p> <p>La operación no afectará la disponibilidad de agua a las comunidades. Se verán afectados algunos cauces intermitentes, los cuales serán desviados a fin de almacenar el agua pluvial.</p>	<p>El Proyecto requiere un volumen de 0.3 m<sup>3</sup>/t mineral procesado durante la vida útil del Proyecto.</p> <p>El Proyecto generará aguas residuales sanitarias de los servicios a obreros de la construcción, empleados administrativos y personal técnico para la operación.</p> <p>La construcción de obras del proyecto implica que algunos cauces intermitentes sean desviados o destruidos, por lo tanto, la disponibilidad de este recurso para las personas de comunidades ubicadas aguas abajo del proyecto se verán afectadas en la disponibilidad del recurso al igual que la fauna.</p> <p>De no implementarse medidas de prevención y ante la carencia de drenaje en las comunidades cercanas, las aguas residuales serían descargadas en cuerpos de aguas permanentes, sobre el suelo (en</p>	<p>Dada la carencia de aprovechamientos de agua en la región, el Proyecto construirá un sistema de presas (FWD y WSD). La capacidad total de la presa WSD será de 1.8 Mm<sup>3</sup> de agua pluvial de la zona, que contribuirá no solo a satisfacer los requerimientos del proyecto, sino también permitirá el abastecimiento a las comunidades cercanas y la disponibilidad para la fauna.</p> <p>La recuperación y recirculación de agua se maximizará mediante el proceso de filtrado de jales.</p> <p>No existirá descarga alguna de la planta de beneficio ni de los jales procesados</p> <p>La colecta y disposición adecuada de aguas residuales, a través de terceros autorizados, permite disminuir significativamente el riesgo de</p>

Factor	Descripción	Escenario 1 (Sin Proyecto)	Escenario 2 (Con Proyecto y sin Medidas)	Escenario 3 (Con Proyecto y con Medidas)
			barrancas), o en fosas sépticas, generando un riesgo de afectación al agua subterránea y al suelo.	afectación al agua subterránea y al suelo.  Por su parte, unas adecuadas obras de manejo de escurrimientos pluviales, permite mantener el balance hídrico, evitando además daños en camino de acceso, obras.
Fauna	<p>El total de especies registradas como potenciales (258 especies: 31 anfibios, 66 reptiles, 63 mamíferos y 98 aves) para la región de estudio, se registró en campo un 45.34% y 20.93% para SAR y AP, respectivamente.</p> <p>En el SAR se registraron 107 especies (21 especies de herpetofauna, 24 mamíferos y 62 aves) nueve especies de herpetofauna en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p> <p>En el AP, y 54 especies (10 especies de herpetofauna, 10 mamíferos, 34 aves).</p> <p>4 especies de herpetofauna y 3 aves en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p> <p>Estas especies son, en categoría de protección especial (Pr): <i>Barisia imbricata</i>, <i>Lithobates montezumae</i>, <i>Plestiodon lynxe</i>, <i>Salvadora bairdi</i>, <i>Sceloporus grammicus</i>, <i>Accipiter cooperii</i> y <i>Catharus mexicanus</i>. En categoría de Amenazada (A): <i>Aquilaerycea cephalica</i>, <i>Crotalus ravus</i>, <i>Phrynosoma orbiculare</i>, <i>Glaucomys volans</i>, y <i>Tilmatura dupontii</i>.</p>	<p>Sin Proyecto, es evidente que la distribución de fauna en el sitio del AP no se vería afectada y hábitat.</p> <p>Sin embargo, la NO realización del Proyecto, tampoco garantiza que la disminución del hábitat para la fauna se detendría; esto considerando las actividades antropogénicas que se realizan en la región.</p>	<p>En el caso de no implementar el rescate y reubicación de fauna de lento desplazamiento, previamente al desmonte y despalle en la superficie requerida para la construcción de obras e instalación de infraestructura, traerá consigo afectaciones en las poblaciones de animales y hábitats.</p> <p>De no implementarse el rescate y reubicación de especies de fauna, se tendrá una disminución en la reserva genética de las especies que pudieran estar dentro de esta área.</p> <p>En caso de no realizarse, el promovente no cumpliría con su principio de empresa ambientalmente responsable y se pone un freno al desarrollo de proyectos, en principio, sustentables.</p>	<p>Las acciones de ahuyentamiento, rescate, reubicación de fauna, así como las acciones de restauración abren la posibilidad de conservación de la reserva genética de las poblaciones de fauna, dando prioridad aquellas que se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo por la normatividad mexicana.</p> <p>Estas acciones ayudan a concienciar a los trabajadores y personas de las comunidades cercanas sobre la importancia de la protección y conservación de la fauna.</p>

Factor	Descripción	Escenario 1 (Sin Proyecto)	Escenario 2 (Con Proyecto y sin Medidas)	Escenario 3 (Con Proyecto y con Medidas)
<b>Vegetación</b>	<p>Si bien hay diez tipos de vegetación en la zona de estudio, el tipo de vegetación predominante corresponde a vegetación no natural, es decir, agricultura y pastizal ocupando el 49.9% de la superficie del SAR. El 34.32% lo ocupa el tipo de vegetación natural (bosque de pino principalmente, bosque de táscate y bosque de pino -encino), y un 18.78% de la superficie del SAR está ocupado por vegetación arbórea o arbustiva con algún grado de sucesión. Aún con esta característica, la vegetación del SAR, sirve eficientemente para ajustar y mantener procesos ecológicos esenciales. Esto es, los flujos de materia y energía se mantienen, dando continuidad a los ciclos biogeoquímicos.</p> <p>Se reportaron 88 especies de plantas, de las cuales solo una considerada en la categoría de protección especial (Pr) NOM-059-SEMARNAT-2010, <i>Cupressus lusitánica</i>.</p>	<p>El escenario tendencial es hacia un incremento de la superficie dedicada a la agricultura, ganadería y aprovechamientos maderables, afectando a las áreas cubiertas por vegetación natural, así sea bajo el carácter de vegetación secundaria.</p> <p>Actualmente el promovente ha reforestado más de 10 000 árboles que equivalen a 1.2 ha reforestadas, con apoyo de miembros de la comunidad (generando 7 empleos directos).</p>	<p>Las actividades de desmonte y el despalme del terreno constituyen las actividades que más afectan de manera directa a este factor ambiental. De manera particular la afectación estaría provocando alteraciones en la abundancia de la vegetación y en la distribución.</p>	<p>Las acciones de rescate y reubicación de flora, así como las acciones de restauración y reforestación, abren la posibilidad de conservación de la diversidad y abundancia.</p> <p>El retiro de la cobertura vegetal por el desarrollo del proyecto será de forma gradual para evitar la exposición innecesaria de terreno desmontado. El suelo fértil que sea factible recuperarlo será almacenado y conservado en áreas específicas a fin de que se utilice durante las actividades de cierre y restauración.</p> <p>Al final de la vida útil del proyecto se implementará el plan de abandono y seguimiento, que incluirá acciones de rehabilitación del sitio de áreas usadas por el proyecto.</p>
<b>Socioeconómico</b>	<p>El Estado de Puebla Puebla y su municipio de Ixtacamaxtitlán, ambos están clasificados con un grado de marginación alto (SEDESOL, 2010).</p> <p>En el Estado de Puebla en los periodos 2012 y 2014, el 64.5% (80 mil personas) de la población se encontraba en situación de pobreza. En el municipio de Ixtacamaxtitlán hay una población de 20 749 personas en situación de pobreza y 6 403 personas en pobreza extrema (CONEVAL, 2010).</p>	<p>Actualmente, las comunidades donde opera el promovente se han beneficiado, a través de mejoras en la educación (becas), en los servicios de salud (donaciones en especie), en la infraestructura local, así como apoyo al fomento de las tradiciones culturales.</p> <p>Sin embargo, la No realización del proyecto mantendrá las condiciones socioeconómicas del municipio y de las comunidades que conforman el área de influencia sin cambios en el corto plazo.</p> <p>Por otra parte, no habrá comunidades beneficiados por la derrama económica por los servicios que demanda este</p>	<p>La puesta en marcha del proyecto contratará a personal sin privilegiar a los habitantes de las comunidades cercanas al proyecto.</p> <p>Se instalaría y contrataría dentro del AP un servicio de comedor, así como un campamento para el personal operativo del proyecto.</p> <p>No sé consideraría compartir las obras del proyecto (por ejemplo, caminos nuevos) con los habitantes de las comunidades.</p>	<p>El proyecto permitirá que se generen aproximadamente 600 empleos directos durante la preparación del sitio y construcción, así como 420 empleos directos al quinto año de la etapa de operación y mantenimiento para el proyecto Ixtaca. (Se estima que la contratación será preferentemente de personas que vivan en las cercanías, considerando la mano de obra calificada y no calificada). Lo anterior permitirá incrementar sus ingresos y por lo tanto mejorar su calidad de vida.</p> <p>A fin de que la economía local y la calidad de vida de los habitantes de las</p>

Factor	Descripción	Escenario 1 (Sin Proyecto)	Escenario 2 (Con Proyecto y sin Medidas)	Escenario 3 (Con Proyecto y con Medidas)
	<p>En el Estado de Puebla el sector de actividad económica preponderante es el sector terciario.</p> <p>Para el municipio de Ixtacamaxtitlán, el sector primario es el que predomina, y representa el 72.8% de las actividades económicas.</p> <p>La población económicamente inactiva en el Municipio de Ixtacamaxtitlán es del 40.44%, para el área de influencia la población económicamente inactiva representa el 19.84% en relación al total de la PEI del Municipio.</p>	<p>proyecto, por ejemplo, de alimentación y hospedaje.</p>		<p>comunidades del área de influencia del proyecto se beneficien a consecuencia del desarrollo del proyecto. El promovente capacitará a los habitantes para poner en marcha programas de beneficio social que se enfocarán en generar las capacidades necesarias de las comunidades para generar una derrama económica sustentable que evite el empobrecimiento de población durante la operación del proyecto y permanezcan una vez que termine la vida útil proyecto, de esta manera se fomentarán las actividades turísticas de la región.</p> <p>Una vez concluido el proyecto, las obras que se consideren sean de utilidad para las comunidades, tal como la presa de agua serán donadas. Lo que permitirá que las comunidades cuenten con disponibilidad de agua de manera continua para las diversas actividades necesarias.</p> <p>El cuidado y su mantenimiento pasará a ser administrada por las comunidades.</p>
<p><b>Residuos</b></p>	<p>Las comunidades cercanas al Proyecto no cuentan con infraestructura para la disposición y tratamiento de los residuos que generan.</p> <p>Se han observado tiraderos a cielo abierto, lo cual representa una amenaza al agua subterránea y suelo.</p> <p>En el tema de residuos peligrosos, el tema resulta más alarmante ya que en las comunidades se sabe que se generan este tipo de residuos debido al empleo informal o indirecto.</p>	<p>En las comunidades se generan residuos peligrosos derivados del deshecho de productos que ya nos son útiles o del empleo informal, estos negocios no están considerados como generadores formales. Aun así, hasta este momento no se ha desarrollado infraestructura para su manejo adecuado por parte del gobierno. Esto ocasiona que se sigan originando tiraderos a cielo abierto y contaminación.</p> <p>El promovente ha realizado jornadas de saneamiento ambiental donde se han invitado a participar a los miembros de las comunidades.</p>	<p>De no implementarse estas acciones para el adecuado manejo de los diferentes tipos de residuos, en la superficie requerida para el proyecto, se corre el riesgo de que éstos terminen afectando la calidad de los suelos, y al agua subterránea.</p>	<p>La aplicación de medidas de prevención y mitigación permiten un adecuado manejo y disposición de los diferentes tipos de residuos, estas acciones permiten atender a las prácticas efectivas de reducción, reúso y reciclado de los desechos y realizar una adecuada disposición de los aceites de lubricación e hidráulicos gastados generados en el proyecto.</p> <p>En un futuro se podría aprovechar la infraestructura del proyecto para que los residuos generados por los empleos indirectos, tales como talleres mecánicos, encuentren una vía para la disposición de sus residuos.</p>

Factor	Descripción	Escenario 1 (Sin Proyecto)	Escenario 2 (Con Proyecto y sin Medidas)	Escenario 3 (Con Proyecto y con Medidas)
<b>Paisaje</b>	<p>Como elemento integrador de los componentes del ambiente, el paisaje resulta un indicador de rápida verificación. Sin embargo, este factor se encuentra fragmentado de acuerdo con la carta de Uso de suelo y vegetación serie V de INEGI.</p>	<p>Al no existir proyecto no hay garantía de que se conserven las vegetaciones naturales, que no crezcan las localidades o que no continúen con el aprovechamiento de los recursos naturales presentes en el área como una fuente de ingreso.</p> <p>Por otra parte, también es posible que el riesgo de incendios se dé por accidentes (o por conflagraciones), estos incendios podrán presentarse y crecer en tanto no sean atendidos oportunamente, ocasionando también afectaciones al paisaje.</p>	<p>La implementación del proyecto sin medidas de prevención y mitigación, conlleva a una percepción errónea en el público, de que la actividad resulta altamente modificadora del ambiente, y en consecuencia desincentivos para el desarrollo de proyectos similares en la región. .</p>	<p>La oportunidad de implementar el proyecto, atendiendo medidas de prevención, mitigación y restauración, incluyendo zonas de reforestación con especies de la región y reconfiguración del relieve permitirá a mediano plazo recuperar gradualmente la calidad visual y paisajística del AP.</p> <p>Lo anterior permitirá que los observadores identifiquen un paisaje antropizado permanente y una mejor percepción y aceptación del público hacia este tipo de proyectos en la región.</p>

## VIII.2. Pronóstico ambiental

A partir de las descripciones realizadas de los diferentes escenarios, es importante que se tenga clara la condición actual de cada factor ambiental y socioeconómico del área donde se pretende establecer el Proyecto, además de entender que la minería es una actividad extractiva realizada a corto plazo, pero con efectos a largo plazo, por lo tanto resulta sencillo pronosticar que, de realizarse el proyecto es imposible que no haya modificaciones en el paisaje, relieve y uso de suelo principalmente, sin embargo, no son modificaciones significativas que pongan en riesgo las funciones ecosistémicas o los servicios ambientales que actualmente disfrutaban los habitantes del área de influencia y comunidades aledañas a éstas.

Si bien las obras y actividades del Proyecto ocasionarán modificaciones a diferentes factores y parámetros ambientales, el promovente implementará en cada etapa del Proyecto medidas de carácter preventivo, de mitigación y compensación, en otras palabras, esto sucederá de manera simultánea a la operación del Proyecto, se construirán y realizarán el conjunto de medidas propuestas en el PVA, con la intención de conservar el tipo y calidad de los recursos presentes dentro del AP. Aún con la aplicación en tiempo y forma de estas medidas, el principal factor ambiental impactado será el cambio de uso del suelo (que en el caso del AP el tipo de vegetación que predomina es vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate ocupando 64.99% del polígono AP, bosque de táscate, que es vegetación sin fragmentaciones, es decir natural tiene una superficie de ocupación de solamente 0.05% (0.56 ha), el resto del AP (34.96%) está ocupado por pastizal y agricultura, esta afectación no significa que una vez aplicadas las medidas de restauración y el sitio del proyecto sea abandonado, el suelo no sea apto para otros usos, por ejemplo conservación, forestal y agricultura.

Con el establecimiento del Proyecto se pronostica que dentro del AP hay posibilidad de conservar o restaurar aproximadamente un 30% de la superficie de dicho polígono, desde la etapa de preparación de sitio, ya que la superficie ocupada por las obras e infraestructura del Proyecto es aproximadamente de 466 ha, esto es posible dado que el promovente es dueño de aproximadamente el 90% del polígono del AP, con esto se evita continuar la fragmentación del hábitat tanto para vegetación como fauna.

Es posible que la protección y conservación a los recursos naturales no se vean percibidos y reflejados (paisajística y visualmente) durante los primeros años de vida del proyecto, esto no quiere decir que no se estén implementando el conjunto de acciones del PVA.

Una de las ventajas es que el promovente podrá ir midiendo la eficiencia y eficacia de las medidas aplicadas, y en el caso de no que se esté cumpliendo con los objetivos podrá eliminar e integrar nuevas medidas que hagan sinergia con las que estén dando resultados favorables. Antes de la etapa de abandono y cierre del Proyecto las actividades de limpieza, retiro de infraestructura, reforestación, restauración y mejoras en el relieve se empezarán a realizar para mejorar la calidad de paisaje. Cada vez que sea viable estas acciones se podrán llevar a cabo de forma simultánea con la operación de la mina. Finalmente, la autoridad tendrá que dar su visto bueno para que el sitio sea liberado y abandonado totalmente por el promovente.

### **VIII.3. Evaluación de alternativas.**

Dada la naturaleza minera y las características de formulación del Proyecto Ixtaca, NO se consideraron alternativas de ubicación-operación en esta MIA-Reg. Sin embargo, conviene resaltar las ventajas del Proyecto en torno a los siguientes aspectos:

- El proyecto no considera la extracción y uso de agua subterránea.
- El proyecto considera en su diseño un sistema de presas de agua, el cual estará conformado por dos presas (FWD y WSD). La presa FWD permitirá un almacenamiento estimado de 300 000 m<sup>3</sup> para las operaciones mineras del Proyecto, por su parte la presa WSD permitirá el almacenamiento de agua pluvial con capacidad de 1.8 Mm<sup>3</sup>, parte de este volumen, en caso de ser necesario se utilizará para el proceso de lixiviación y el resto estará disponible para las comunidades.
- El proceso de lixiviación será en isotanques, lo cual reduce el riesgo de contaminación de los suelos y agua subterránea.
- El diseño operativo de la planta de beneficio considera un circuito cerrado, es decir, que se estará recirculando de manera permanente el agua utilizada en el proceso de lixiviación.
- El proyecto NO considera descargas de agua residual del proceso de beneficio ni de agua residual tratada.
- Tan solo el plan de llevar a cabo el Proyecto ya ha generado beneficios económicos en los poseedores de los terrenos, trabajos formales para algunos habitantes de diferentes comunidades, apoyos en especies a diferentes comunidades.
- Por otro lado, la autorización y puesta en marcha del Proyecto permitirá detonar la inyección de capital en la economía regional.



#### VIII.4. Conclusiones.

- No obstante que las actividades relacionadas con la extracción, aprovechamiento y beneficio generan impactos ambientales negativos al entorno natural, principalmente en la geomorfología y uso de suelo, el proyecto contempla la construcción de 13 obras, incluidas las obras asociadas y/o auxiliares las cuales son necesarias para la extracción y beneficio del mineral. Los impactos negativos se provocarán principalmente durante las primeras etapas: preparación del sitio y construcción de obra civil y obras asociadas. Sin embargo, la afectación depende prácticamente del diseño y tecnología con la cual ha de ser aprovechado el mineral.
- En el Proyecto se manejarán sustancias riesgosas, de las cuales el cianuro de sodio (75 toneladas) es la única sustancia que se encuentran indicadas en el 1er Listado de Actividades Altamente Riesgosas (LAAR).
- De acuerdo al análisis de riesgo los eventos accidentales de mayor riesgo con mínima probabilidad de ocurrencia, se identificaron: la formación de ácido cianhídrico durante la preparación de la solución cianurada y en la dosificación de la solución a los tanques de lixiviación intensiva y CIP; la dispersión de nubes tóxicas por derrame de los ácidos clorhídrico al 30% y nítrico al 65%; la radiación térmica por el incendio (pool fire) del derrame en el tanque de almacenamiento de diesel en la estación de servicio; y la explosión del material explosivo manejado en el área de voladuras.
- Los daños originados por los eventos accidentales propuestos únicamente se prevén para el personal operativo, instalaciones y pequeñas secciones de vegetación natural fragmentada de la zona, sin interactuar con otras áreas de riesgo. Los asentamientos humanos más próximos a la planta de beneficio están localizados en el poblado de Santa María Zotoltepec a aproximadamente a 2.60 km en dirección SE y la población de Zacatepec a una distancia de 3 km en dirección NE, por lo que no se pronostica afectación a los mismos. En el entorno del proyecto no se realizan actividades peligrosas que puedan poner en riesgo la operación segura de la instalación que nos ocupa.
- Ninguno de los impactos ambientales identificados como negativos se puede considerar como significativo pues de acuerdo a la metodología y a los criterios empleados para la evaluación de los impactos ambientales los valores de importancia e importancia ponderados caen por debajo de lo que matemáticamente podría considerarse como tal.
- Las medidas de prevención, mitigación y restauración contenidas en el PVA están dirigidas para atender los impactos sobre los diferentes factores y parámetros ambientales afectados por las actividades y obras del Proyecto, la aplicación de cada una de ellas, en tiempo y forma ayudará a que una vez terminada la vida útil y etapa de restauración del Proyecto las condiciones del ecosistema sean lo más parecidas a las originales.
- El AP no invade área natural protegida alguna de cualquier jurisdicción, tampoco presenta superposición con respecto a Áreas de Interés para la Conservación de las Aves (AICAs), Regiones Terrestres (RTP) o Hidrológicas Prioritarias (RHP), definidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), sin embargo, si hay interposición con 2 Sitios Terrestres Prioritarios (STP), ambos con prioridad alta.
- El Proyecto resulta compatible con las políticas ambientales de Restauración y Aprovechamiento sustentable de las Unidades de Gestión Ambiental (UAB 117 y 57 de la RE 18.32), los coadyuvantes del desarrollo para la UAB 117 son forestal y minería, mientras que para la UAB 57 la minería está como una actividad asociada al desarrollo. Por lo tanto, no hay limitaciones a la actividad minera dentro de las UAB señaladas en el POEGT.

- De acuerdo con el análisis de vinculación con los instrumentos jurídicos aplicables, no se identificaron elementos en la legislación mexicana a los que se contraponga el desarrollo del Proyecto Ixtaca.
- De acuerdo con los resultados de los trabajos de prospección y excavación arqueológica que realizó la Coordinación de Arqueología del Centro INAH-Puebla, el desarrollo del Proyecto Ixtaca no pone en riesgo sitios considerados de interés cultural o algún patrimonio arqueológico.
- Conforme a las constancias emitidas por el Gobierno Municipal, con base en la Ley de Derecho, Cultura y Desarrollo de los Pueblos y Comunidades Indígenas, no existen etnias susceptibles de ser afectadas en el Área del Proyecto, ni en la “microcuenca baja” del Sistema Ambiental Regional definido para el Proyecto.
- El Proyecto no requiere la reubicación de comunidades.
- Considerando el problema de los aprovechamientos de agua en la región, el Proyecto Ixtaca incorpora la construcción de un almacenamiento de 1.8 Mm<sup>3</sup> de agua (presa WSD), obtenida de la abundante precipitación pluvial de la zona, lo cual contribuirá no solo a satisfacer los requerimientos de la unidad minera, sino que beneficia a las comunidades cercanas ya que serán abastecidas.
- Respecto a las especies de flora consideradas en categorías de riesgo de acuerdo con la normatividad mexicana, en el AP solo se registró 1 especie de las 60 especies registradas, *Cupressus lusitánica*, en categoría de protección especial. Cabe resaltar que durante los trabajos de campo se observaron diversas áreas reforestadas dentro y fuera del AP con esta especie. Respecto a las especies de fauna en alguna categoría de riesgo se registraron únicamente 7 especies de las 34 especies; 4 especies de herpetofauna y 3 especies de aves (*Aquiloerycea cephalica*, *Crotalus ravus*, *Phrynosoma orbiculare*, *Tilmatura dupontii* en categoría de Amenaza y *Accipiter cooperii*, *Catharus mexicanus*, *Lithobates montezumae* en Protección especial).
- Finalmente, el desarrollo del Proyecto no impide el uso de la tierra en otras actividades tales como la conservación o bien, de ser necesario, actividades agrícolas productivas.
- No se ha descartado que, por las actividades y obras requeridas en el Proyecto y por su relativa cercanía a las comunidades del área de influencia, a medida que vaya avanzando el Proyecto los habitantes perciban un paisaje carente de recursos naturales, y que la calidad de los percibidos se deteriore o disminuya a consecuencia del Proyecto, sin embargo, no significará que el conjunto de medidas propuesta en el PVA no se esté implementando.

De esta forma, el Proyecto es factible ambiental, técnica, y económicamente, resaltando que los principales efectos nocivos se presentarán en la geomorfología, con un carácter local, es decir solo dentro del AP, irreversible, permanente y difícil de mitigar, dada la naturaleza de la actividad minera. El resto de los factores ambientales pueden ser atendidos en diferentes frentes implementando paralelamente las diferentes medidas, lo cual permite predecir que serán atendidos prácticamente en su totalidad.