

Recepción, trasvase, almacenamiento y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Son.  
Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular.



## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR

### Recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Son.

#### CONTENIDO

I	DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	I.1
II	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	II.1
III	VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO.....	III.1
IV	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	IV.1
V	IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	V.1
VI	MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	VI.1
VII	PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	VII.1
VIII	IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.....	VIII.1

ANEXO 1	Documentación formal.
ANEXO 2	Planos y normales meteorológicas.
ANEXO 3	Hojas de datos de seguridad.
ANEXO 4	Álbum fotográfico.



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

### **I.1 Proyecto**

#### **I.1.1 Nombre del proyecto**

El proyecto motivo de la presente manifestación de impacto ambiental consiste en la recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Son., que en lo sucesivo se denominará Manejo de Ácido Sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas.

#### **I.1.2 Estudio de riesgo y su modalidad**

No se presenta ya que el proyecto no considera actividades donde se manejen sustancias contenidas en los listados de actividades altamente riesgosas.

#### **I.1.3 Ubicación del proyecto**

Las instalaciones que involucran las actividades de recepción, trasvase, almacenamiento y embarque de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, Son., se ubican en el Recinto Portuario, Zona Franca, Col. Punta arena, C. P 85430 Heroica Guaymas, Guaymas, Son. El recinto portuario se encuentra a cargo de la Administración Portuaria Integral de Guaymas (API Guaymas) quien ha concesionado a la promovente hasta el 20 de mayo de 2035, la superficie de 45,159.40 m<sup>2</sup> ocupada por las instalaciones.

#### **Tiempo de vida útil del proyecto (acotarlo en años o meses)**

- **Duración total (incluye todas las etapas)**

El proyecto consiste en la realización de las actividades de recepción, trasvase, almacenamiento y embarque de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, Son. Las obras para realizar estas actividades datan en 1987 y en agosto de 1988 se inició el manejo de ácido sulfúrico, producido en la planta de ácido No. 1 del Complejo Metalúrgico de Mexicana de Cobre, en el municipio de Nacozari de García, Sonora. Desde entonces las instalaciones fueron diseñadas y construidas previendo una vida útil de 30 años. Sin embargo, debido al mantenimiento, reparaciones, sustituciones y actualizaciones de equipos habidas a partir de 1988, la vida útil de las instalaciones y equipos se ha prolongado, estimándose a partir de la elaboración del presente estudio una vida útil de 25 años.

- **En caso de que el proyecto que se somete a evaluación se vaya a construir en varias etapas, justificar esta situación y señalar con precisión ¿qué etapa cubre el estudio que se presenta a evaluación?**

La presente manifestación de impacto ambiental se ha elaborado con la finalidad de solicitar la autorización de materia de evaluación del impacto ambiental para la realización las actividades de recepción, trasvase almacenamiento y embarque de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, Son., Actividades que también se identifican con la denominación manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas. Por ello no existen elementos para describir y

analizar las etapas de selección del sitio, preparación del sitio, y construcción. En consecuencia, únicamente se analizan en el presente documento las etapas de operación y mantenimiento, a la vez que se contemplan las previsiones para el momento en que ocurra el cese de actividades y se proceda al cierre y desmantelamiento de las instalaciones.

Al solicitar la autorización en materia de evaluación de impacto ambiental se actualiza la incorporación de temas ambientalmente relevantes para el manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, como lo son las previsiones para cuando se decida el cierre, y un programa de vigilancia ambiental; incluyendo las correspondientes medidas de mitigación y de monitoreo y vigilancia; así como una evaluación sistémica e integral de la actividad, orientada a un mejor control y seguimiento de las diversas regulaciones aplicables, lo que se traduce en una mejora en su gestión y desempeño ambiental.

#### **I.1.4 Presentación de la documentación legal.**

La documentación legal referida en este apartado se presenta en el Anexo 1.

### **I.2 Promovente**

#### **I.2.1 Nombre o razón social**

Promueve la presente manifestación de impacto ambiental Mexicana de Cobre, S. A. de C. V., empresa mexicana legalmente constituida conforme a la legislación vigente, lo cual se acredita con copia de la escritura pública número 32,133 del 07 de octubre de 1978 otorgada ante la fe del licenciado Francisco Vázquez Pérez, Notario Público número 74 del Distrito Federal (ahora Ciudad de México). El Anexo 1 contiene una copia de esta escritura.

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

Mexicana de Cobre, S. A. de C. V., se encuentra inscrita en el registro Federal de Causantes (R. F. C.) con la clave MCO860704QQ1. El Anexo 1 incluye una copia de la inscripción de la empresa en el R. F. C.

#### **I.2.3 Nombre y cargo del representante legal**

Actúan mancomunadamente en nombre y representación de Mexicana de Cobre, S. A. de C. V., el Ing. Gerardo Armando Rizo Flores apoderado, según lo asentado en la escritura pública; y el Ing. José Antonio Martínez Martínez apoderado, de conformidad con lo asentado en la escritura pública. Los señores Rizo y Martínez cuentan con poder para actos de administración. En el Anexo 1 se encuentran copias simples de ambas escrituras.

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

**I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental**

**I.3.1 Nombre o Razón Social**

**I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP**

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

**I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio**



## II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### II.1 Información general del proyecto

#### II.1.1 Naturaleza del proyecto

El proyecto es de naturaleza industrial y consiste en la realización de cuatro operaciones:

1. Recepción de ácido sulfúrico.
2. Traslado a tanque de transferencia.
3. Almacenamiento de ácido sulfúrico.
4. Embarque de ácido sulfúrico.

Las cuatro operaciones se encuentran esquematizadas en el diagrama de bloques de la Figura II.1.

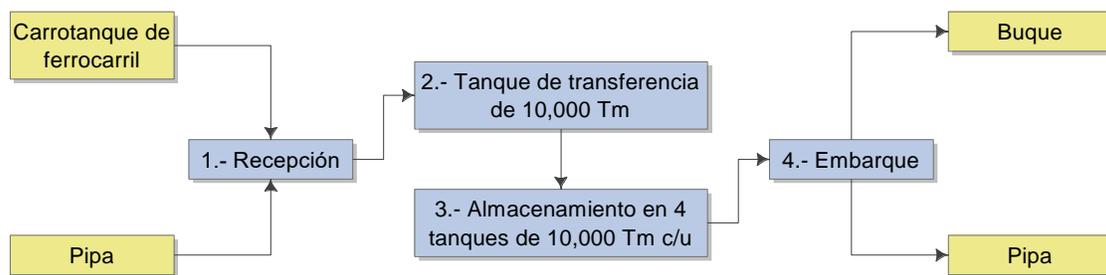


Figura II.1.- Diagrama de bloque para las operaciones de recepción, traslado, almacenamiento y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Son.

#### II.1.2 Selección del sitio.

Debido a que la construcción de las obras para la recepción, almacenamiento y embarque de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, Son., data de 1987, no se dispone de elementos técnicos para realizar la descripción de esta etapa; aunque resulta claro que el principal criterio de selección del sitio fue la existencia de infraestructuras ferroviaria y portuaria para dar salida a los embarques de ácido sulfúrico así como la disponibilidad de la superficie necesaria para construir las instalaciones requeridas para recepción, almacenamiento y embarque de  $H_2SO_4$ .

#### II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización.

Las operaciones de recepción, traslado, almacenamiento y embarque de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, Son., se llevan a cabo en la **Zona Franca del Recinto Portuario de Guaymas, Son.**, en la dirección indicada en el punto I.1.3 del presente estudio. Para referencia las coordenadas del área de tanques de almacenamiento de  $H_2SO_4$  son: Zona 12R, 512604.0 m E, 3088087 m N *Datum* WGS 84. La Figura II.2 ilustra la ubicación del predio ocupado por las instalaciones de la Terminal Marítima de Guaymas.



Figura II.2.- En rojo polígonos del predio ocupado por la Terminal Marítima de Guaymas.

En el Anexo 2 se presenta el plano de las poligonales e instalaciones en la Terminal Marítima Guaymas. En este plano se identifican las áreas ocupadas por las instalaciones para la recepción, trasvase, almacenamiento y embarque de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, con los nombres:

- Plataforma para la descarga de ácido sulfúrico.
- Fosa de neutralización.
- Cuarto de control.
- Tanque de transferencia 7.
- Área de bombas.
- Tanques 8, 9, 10, y 11.
- Tanque 19.

También pueden identificarse las trayectorias de las tuberías que conducen el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) entre el tanque de transferencia 7, los tanques 8, 9, 10 y 11; y el tanque 19 ubicado en la zona portuaria desde la cual se realiza la carga a los buques.

#### II.1.4 Inversión requerida

#### II.1.5 Dimensiones del proyecto

Los dos polígonos que conforman el predio ocupado por las instalaciones destinadas a las operaciones de recepción, almacenamiento y embarque de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, Son., abarcan una superficie de 45,159.40 m<sup>2</sup> de los cuales 44,805.56 m<sup>2</sup> corresponden al polígono 1 y 353.84 m<sup>2</sup> al polígono 2 (Plano en Anexo 2). La Tabla II.1 contiene las superficies ocupadas por las principales instalaciones para el manejo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dentro de los polígonos.

Tabla II.1.- Superficies ocupadas por las instalaciones destinada al manejo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Instalación	Superficie (m <sup>2</sup> )	% de la superficie total
<b>Polígono 1</b>		
Plataforma de descarga de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,430.00	3.2
Fosa de neutralización	107.96	0.2
Cuarto de control	28.89	0.1
Tanque de transferencia 7	2065.70	4.6
Área de bombas	33.93	0.1
Tanques 8, 9, 10, y 11	7391.03	16.4
<b>Polígono 2</b>		
Tanque 19	353.84 <sup>1</sup>	0.8

<sup>1</sup> Área del polígono dos, donde se localiza el Tanque-19.

### II.1.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.

Las instalaciones destinadas al manejo del ácido sulfúrico se localizan en una zona concesionada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para aprovechar y explotar una superficie de 45,159.40 m<sup>2</sup> en el interior del recinto portuario de Guaymas, Son., cuyos derechos fueron cedidos a la Promoviente por la administración Portuaria Integral de Guaymas, mediante un convenio modificatorio de la concesión original. Copias de ambos convenios forman en el Anexo 1.

El uso del suelo en el área concesionada es industrial, y en general lo es en el recinto portuario, tal como puede apreciarse en la Figura II.2. La Figura II.3 ilustra las empresas industriales y de servicios ahí localizadas.



Figura II.3.- Empresas localizadas en el recinto portuario de la API Guaymas, Sonora.  
(Fuente: <https://www.puertodeguaymas.com.mx/106-marketing/205-empresas>)

La colindancia norte del recinto portuario es la Av. Aquiles Serdán, al norte de esta corre paralela la Av. Porfirio Hernández, después de la cual se encuentra la colonia Punta de Arena. Al Este, Sur y Oeste, el recinto portuario colinda con las aguas de la Bahía de Guaymas en el Golfo de California.

### II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

El recinto portuario cuenta con toda la infraestructura necesaria para realizar las operaciones de recepción, trasvase, almacenamiento y embarque de ácido sulfúrico en el predio concesionado a Mexicana de Cobre, S. A. de C.V. En particular se dispone de vía ferroviaria y espuela que da acceso a los carrotanques a la plataforma de descarga de ácido sulfúrico, vialidades para acceder y transitar por el interior de la instalación, muelle donde atracan los buques tanque, electricidad, servicio de agua potable, telefonía, transmisión de datos, y en general redes de comunicaciones y servicios.

No se requiere introducir o construir nueva infraestructura para la realización de las operaciones consideradas en el presente estudio.

## II.2 Características particulares del proyecto.

### II.2.1 Descripción de la obra o actividad y sus características.

#### a) Tipo de actividad o giro industrial.

Se trata de actividades de tipo industrial consistentes en la recepción, trasvase, almacenamiento y embarque de  $H_2SO_4$ .

#### b) La descripción detallada de la totalidad de los procesos y operaciones unitarias.

Por el tipo de actividades no se realiza proceso alguno. Es decir, no hay proceso de transformación ni uso de materiales diferentes al ácido sulfúrico. Las operaciones son exclusivamente de tipo físico y consisten en conducción de ácido sulfúrico entre diferentes puntos en las instalaciones existentes para tal fin en la Terminal Marítima Guaymas. Consecuentemente las operaciones de: recepción, trasvase, almacenamiento y embarque de  $H_2SO_4$ , en lo sucesivo se denominará Manejo del Ácido Sulfúrico.

#### Manejo del Ácido Sulfúrico.

En este apartado se describe el manejo del ácido sulfúrico con el soporte del diagrama presentado en la Figura II.4 y con ilustraciones fotográficas de los principales equipos empleados en la Terminal Marítima Guaymas.

El  $H_2SO_4$  se recibe por vía ferroviaria en carrotanques, siendo el 90% propios y 10% por contrato con terceros, las capacidades de los carrotanques son de 80 Tm y 40 Tm. Al arribar los carrotanques son formados en un tramo de vía propiedad de Ferromex, ubicada a un costado de la entrada directa a la vía guía de carrotanque, que conduce a la plataforma para descarga del  $H_2SO_4$  dentro de las instalaciones (Figura II.5).

Una vez verificado el embarque, se le da entrada a la estación de descarga, integrada por una plataforma de tres posiciones de doble acceso con 6 posiciones de descarga, en tres de las cuales se puede descargar simultáneamente. Para ello se cuenta con 3 guías (garzas) móviles con dos tomas cada una, accesibles con un múltiple (manifold). Previamente al inicio de la descarga, los tanques son despresurizados, interconectando en su domo mangueras flexibles de aire comprimido a una presión de 25 psi la cual se logra con los sistemas de compresión K-003 y K-004 marca Atlas Copco, modelo 6A230, accionados por motores eléctricos marcas Siemens ILAG-207-4-AA- de 220 V a 60 Hz.

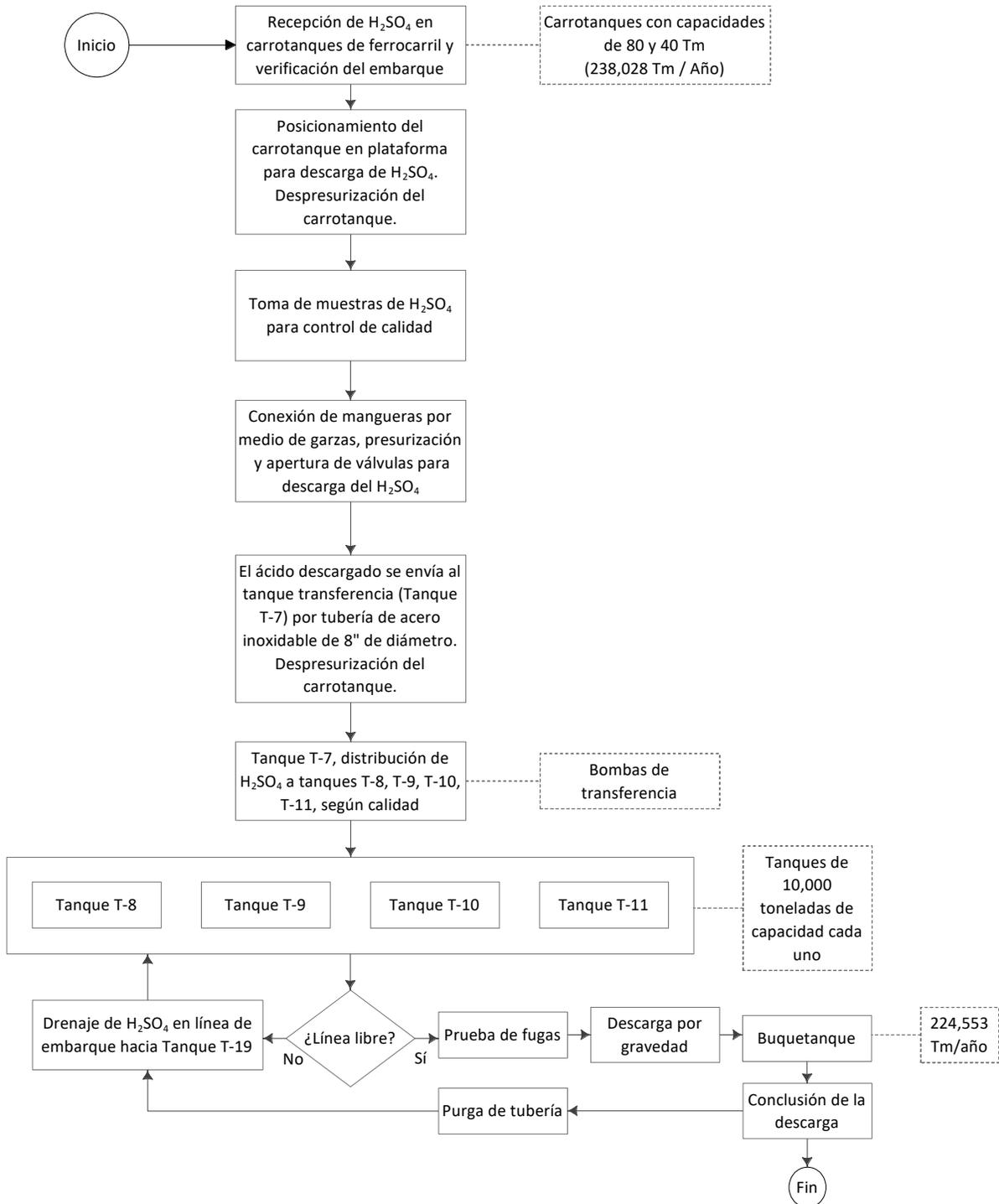


Figura II.4.- Diagrama de bloques para el manejo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en la Terminal Marítima Guaymas.

Este sistema de compresión cuenta con controles automáticos y panel de indicadores, lámparas de alarma, lámparas indicadoras de funcionamiento e interruptor local de arranque, además de un indicador visual e interruptor de disparo localizado en el cuarto de control. Cada compresor está



Figura II.5.- Plataforma para la descarga de ácido sulfúrico.

equipado con un sistema de secado de aire, o receptor, y un tanque de almacenamiento, dotado de alarmas de funcionamiento; medidores de presión y sistemas de regulación. El aire comprimido también es utilizado en la instalación, para purgar líneas de descarga de carrotanque y pipas, y drenar las líneas al tanque de residuales T-18 de 7.24 m<sup>3</sup> (Figura II.6), todo ello accionado eléctricamente. Como medida de seguridad se lava el exterior del carrotanque y pipa antes de salir de la plataforma y lo generado



Figura II.6.- Tanque T-18 donde se colecta el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> resultante de las purgas de las líneas de descarga. El ácido aquí colectado es enviado al tanque T-7.

Lo que no se puede recuperar de purgas y lavados, se envía a la fosa de neutralización, donde se le añade cal, bicarbonato de sodio o sosa cáustica para neutralizar el pH. Como La operación de descarga, se efectúa por inyección de aire a 25 psi dentro del carrotanque, que impulsa al ácido

sulfúrico por las mangueras de recepción conectadas al carrotanque hacia la sección de bombeo de la descarga, la cual está conformada por tres bombas ubicadas en la base de cada una de las posiciones identificadas como P-044, P-045, y P-046 del tipo centrífugas, marca Wilfley tamaño 4x3 accionadas por motores eléctricos TEFC de 40 HP y 1800 r.p.m. las bombas cuentan con indicadores locales de funcionamiento, interruptor de disparo en el cuarto de control. Las bombas transfieren el ácido a través de una tubería de acero inoxidable de 8" de diámetro (Figura II.7), hasta tanque receptor, que también es usado como tanque de transferencia y se identifica como T-7 (Figura II.8).



El tanque es cilíndrico vertical con altura de 14 m y diámetro de 25 m.

Figura II.7.- Rack de tuberías que conducen el  $H_2SO_4$  de la plataforma de descarga al Tanque Transferencia (T-7) que se aprecia en blanco a la derecha.



Figura II.8.- Tanque de transferencia T-7, localizado en el interior de un dique de contención de derrames.

Al concluir la descarga de los carrotanques en la estación, se abre la tapa de la brida para llenado y se efectúa una despresurización total del aire que quedó en el interior del carrotanque, el cual es

sometido a un el proceso de limpieza y neutralización de los residuos de ácido que hayan quedado en él. Los residuos de ácido sulfúrico que quedan en las tuberías de descarga se conducen al tanque de purga T- 18, de capacidad 7.24 m<sup>3</sup>, a través de líneas de drenaje de punto bajo en cada conexión, para ser bombeado al tanque de transferencia.

Una vez que el ácido sulfúrico ha sido almacenado en el tanque T-7, puede ser enviado mediante las bombas de transferencia P-013 y P-014 de 100 HP, a cualquiera de los cuatro tanques de almacenamiento de ácido T-8, T-9, T-10, T-11 que son todos del mismo tipo y dimensiones que el T-7. Los cuatro tanques se encuentran ubicados a desnivel a una altura aproximada de 20 m en el Cerro de La Ardilla (Figura II. 9). Cada tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 10,000 Tm de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, para un total de 50,000 Tm entre los 5 tanques. El almacenamiento en estos tanques es al 96 %, nivel considerado Alto-Alto y como máximo alcanza el 98% considerado Muy Alto dentro



del panel de control en el sistema de medición de nivel.



Figura II.9.- Dos imágenes que muestran los tanques T-8, T-9 y T-10. Abajo dique de contención de derrames. Atrás de estos tanques se encuentra el tanque T-11.

Cabe hacer mención que cada tanque se encuentra intercomunicado con tuberías de acero de 316 de 14" de diámetro, y una línea de venteo, tubería de regulación de niveles construida del mismo material de 2" de diámetro. También se encuentran equipados, con válvulas de aislamiento de entrada y salida, un registro de acceso superior de 24" de diámetro, una compuerta asegurada manualmente, un registro de acceso inferior de 24" de diámetro y una tubería y válvula para el vaciado del tanque; se incluye una línea de desbordamiento, dirigida hacia el sumidero de

recolección. Cada tanque está equipado con un indicador de nivel y una alarma de alto nivel que están instaladas en el panel ubicado en el cuarto de control, y otros iguales instalados localmente. La alarma de alto nivel también consta de un seguro de interbloqueo, para detener las bombas de transferencia de ácido sulfúrico y mantener el fluido en el tanque de transferencia T-007, cuando el tanque alcanza el nivel Alto-Alto, es decir un 96% de su capacidad. El sistema de bombeo de transferencia de ácido sulfúrico, hacia cualquiera de los 5 tanques de almacenamiento, está constituido por 2 bombas de tipo centrífugas, marca Wilfley, tamaño 4 x 3 accionadas por motores eléctricos TEFC de 100 HP, de 1800 r.p.m., con rotación de acuerdo a las manecillas del reloj, contando con luz de marcha y selectores locales de apagado-arranque-encendido-parado, con luz indicadora de funcionamiento de motor, cuentan además con un seguro de interbloqueo, para detener o accionar las bombas automáticamente cuando el tanque de almacenamiento llega a un nivel alto, realizándose el suministro de producto a cada tanque de almacenamiento por medio de una tubería construida en acero inoxidable.

En el muelle se lleva a cabo la operación de carga de ácido a un buque-tanque (Figura II.10, página siguiente). Se efectúa por gravedad desde los tanques T-8, T-9, T-10, y T-11 que se encuentran a 20 m de altura en el Cerro de La Ardilla, a través de una tubería de 14" de diámetro, de acero inoxidable, equipada con un sistema de purga de aire, que permite vaciar líneas, antes de conectar o desconectar las mangueras en el barco atracado. Para dar inicio al despacho de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al buque tanque atracado en el muelle, todo el ácido que drene de las líneas de embarque, se almacenará en el tanque de recolección de ácido (T-19), cuya capacidad es de 6,000 L, para posteriormente retornarlo al tanque de almacenamiento de origen, utilizando la bomba para trasvase de ácido P-047, Marca Wilfley, tamaño 3 x1½ accionada por motores eléctricos TEFC de 40 HP de 1800 r.p.m., con rotación en el sentido de las manecillas del reloj; esta bomba cuenta con indicadores locales de funcionamiento, interruptor local de encendido-apagado-arranque y luz indicadora de funcionamiento del motor, con un seguro de interbloqueo para detener o encender la bomba automáticamente, cuando haya un bajo nivel en el sumidero, cuenta también con indicador de nivel localizado frente al propio tanque.

Antes de efectuar la carga al buque tanque, se realiza una prueba de fugas con inyección de aire en la línea a presión de 110 psi, además de la aplicación de agua jabonosa en las conexiones, juntas, válvulas de muestreo y otros aditamentos, con el propósito de localizar alguna fuga. A la vera del muelle, se localizan 2 estaciones equipadas con un múltiple (manifold) de 4 tomas, aisladas con válvulas neumáticas, con opción de elegir cualquiera de los cuatro puntos de carga, ya que son de las mismas características. Las áreas de conexión de mangueras cuentan con conexiones flexibles de 6" de diámetro por 16 metros de longitud para interconectar con los múltiples del barco; se cuenta con sistemas purgas de aire con indicadores de presión locales que indican cuando está libre. El inicio o paro del suministro del fluido, es regulado por medio de la apertura o cierre de la válvula de control, localizada en el área de tanques de almacenamiento, que es operada con interruptor de paro a control remoto localizado en el muelle, el cual permite detener el flujo de ácido en caso de algún percance. También se cuenta con válvulas de aislamiento en dos sitios, las cuales se localizan lejos de la línea principal de suministro. Cada una de las 2 líneas secundarias, permite la elección de una de las dos estaciones de carga que se encuentran en el muelle a servicio de Mexicana de Cobre. Al término de la descarga se realiza la purga de las tuberías y los residuos de ácido son enviados al tanque T-19.



Figura II.10.- Área de embarque de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a buques tanque. Del lado izquierdo el rack que sostiene la tubería proveniente de los tanques T-8, T-9, T-10, y T-11. El tanque cilíndrico vertical al centro es el T-19.

También se recibe y embarca ácido sulfúrico desde y en pipas de acero inoxidable, cuya capacidad media es de 30 Tm. El procedimiento es análogo al descrito, con una la diferencia pues tanto la carga como la descarga se realiza en la plataforma para descarga de ácido sulfúrico. El diagrama de bloques de la Figura II.11 ilustra el procedimiento de carga de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en pipas.

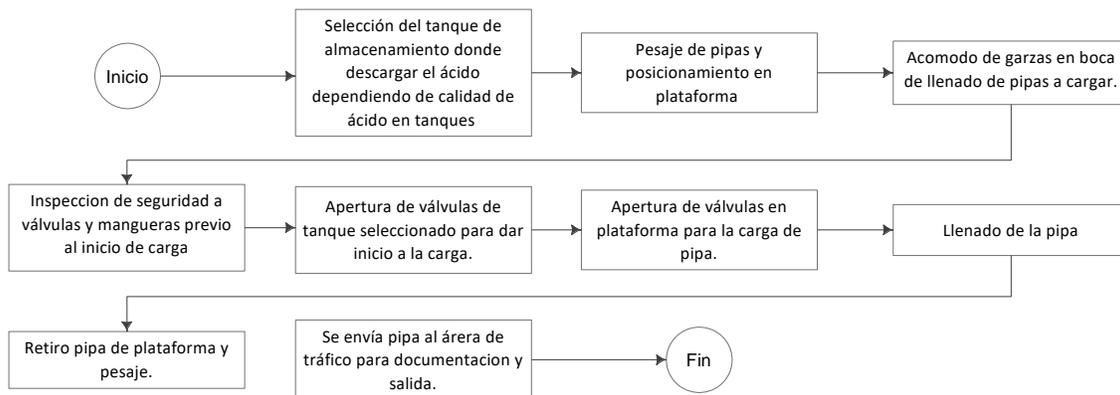


Figura II.11.- Diagrama de bloques para la recepción de ácido sulfúrico en pipas.

El último año completo de operaciones fue 2018, durante el cual el manejo de ácido sulfúrico involucró las cantidades condensadas en la Tabla II.2.

Tabla II.2.- Toneladas métricas de ácido sulfúrico anualmente ingresadas a y embarcadas desde la Terminal Marítima Guaymas.

Recepción en la Terminal Marítima Guaymas	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Mediante carrotanque FFCC (Tm/año)	238,028
Por medio de pipas (Tm/año)	107,438
<b>Embarque desde la Terminal Marítima Guaymas</b>	
Mediante barco (Tm/año)	224,553
Por medio de pipas (Tm/año)	120,931

### II.2.2 Programa general de trabajo

El manejo del ácido sulfúrico en la Terminal Marítima Guaymas se realiza conforme arriban el ferrocarril y las pipas o cuando lo hacen las embarcaciones y pipas que recibirán la carga. El almacenamiento es constante. Por ello el programa de trabajo es variable en cuanto a la recepción y al embarque, pero es constante en cuanto al almacenamiento. Así, año con año el programa general de trabajo es:

Operación	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Recepción de ácido sulfúrico												
2. Traslado a tanque transferencia												
3. Almacenamiento												
4. Embarque												

### II.2.3 Preparación del sitio.

No aplica. El presente estudio se refiere a la operación y mantenimiento por manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Guaymas.

### II.2.4 Descripción de las obras y actividades provisionales del proyecto.

No se tienen obras ni actividades provisionales relacionadas con la recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Son.

### II.2.5 Etapa de construcción.

No aplica. El presente estudio se refiere a la operación y mantenimiento por manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Guaymas.

### II.2.6 Etapa de operación y mantenimiento.

Deberá describir los programas de operación y mantenimiento de las instalaciones, en los que se detalle lo siguiente:

#### a) Descripción general del tipo de servicios y/o productos que se brindarán en las instalaciones;

De acuerdo con lo descrito en el apartado II.2 las operaciones que se llevan a cabo en la Terminal Marítima Guaymas son: recepción, trasvase, almacenamiento y embarque de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. La descripción detallada de ellas se encuentra en el mismo apartado.

#### b) Tecnologías que se utilizarán, en especial las que tengan relación directa con la emisión y control de residuos líquidos, sólidos o gaseosos;

Las operaciones que se llevan a cabo en la Terminal Marítima Guaymas son de tipo físico, por lo que no hay procesos que impliquen reacciones químicas, ni cambios de estado físico. El ácido sulfúrico se recibe y embarca siempre en estado líquido. La tecnología que se utiliza es de conducción y

almacenamiento de fluidos a presiones bajas y atmosférica, los equipos son de aleaciones de acero con diferentes especificaciones ASTM, y consisten fundamentalmente de tanques, tuberías, bombas eléctricas, compresores, sensores y sistemas de control automatizados.

No hay en el sitio motores de combustión interna, salvo los de la locomotora que conduce los carrotanques y los de las pipas. Los cuales permanecen en las instalaciones sólo en tiempo necesario para la operación de descarga o de carga, con motores apagados.

El ácido sulfúrico se maneja en todo momento de manera hermética, no tiene contacto con la atmósfera. Dada su muy baja presión de vapor (<0.001 mmHg a 25°C y 1.0 mmHg a 145.8 °C) no es de esperarse la evaporación en caso de algún derrame. Considérese que a 145.8 °C el agua sería un vapor con presión de vapor de 44,000 mmHg mientras que la del ácido sulfúrico a la misma temperatura sería apenas 1.0 mmHg, es decir prácticamente no habría evaporación. A temperatura ambiente, que es con la que se maneja en la Terminal Guaymas, la muy reducida presión de vapor permite anticipar que no ocurriría evaporación en caso de algún derrame. Consecuentemente no se tienen emisiones a la atmósfera de este compuesto.

Para la captación y conducción de aguas de lluvia, las instalaciones cuentan con un sistema de drenaje pluvial. Los planos del drenaje pluvial se incluyen en el Anexo 2.

**c) volumen y tipo de agua a utilizar (cruda y/o potable) y su fuente de suministro;**

Por su naturaleza, las operaciones en la Terminal Marítima no requieren agua. Debido a la violenta reacción exotérmica que tendría el ácido sulfúrico con el agua no se emplea en las operaciones de recepción, trasvase, almacenamiento y embarque.

En la Terminal Marítima laboran diariamente 48 empleados (13 de confianza y 35 sindicalizados) quienes desempeñan labores gerenciales, administrativas, industriales y de otros servicios requeridos en las instalaciones. Para uso en servicios sanitarios y de aseo (uso doméstico), el servicio de agua potable de la Administración Portuaria Integral proporciona una dotación diaria de 150 l/persona, es decir 7,200.0 l/día.

**d) Insumos, tipo y cantidad de combustible y/o energía necesaria para la operación;**

Al no haber procesos de transformación de ningún tipo, el manejo de ácido sulfúrico no requiere de insumos. La energía eléctrica necesaria, bifásica y monofásica, es proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad con quien se tiene celebrado un contrato para el efecto. El consumo mensual promedio en el año 2019 fue 25,808 kW.

**e) Maquinaria y equipo (incluyendo programa de mantenimiento);**

El programa de mantenimiento considera las diferentes instalaciones de manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas. En este programa, en el Cuadro II.1 representado líneas abajo, se representa la frecuencia anual y los equipos involucrados. Los renglones **P** contienen la frecuencia programada en el mes, en los renglones **R** se condensará lo realizado.

Cuadro II.1.- Programa de mantenimiento de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas.

PROCESO	ACIDO SULFURICO												
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>PLATAFORMA DE DESCARGA</b>													
Mantenimiento eléctrico	P	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2
	R												
Mantenimiento a Bombas	P	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	5	3
	R												
Mantenimiento a válvulas	P	6	6	5	6	5	6	5	5	6	5	6	5
	R												
Calibración de equipos	P							1					
	R												
Mantenimiento Tinacos, Aljibes y/o Fosas	P			1						1			
	R												
Mantenimiento a Compresores	P		2				2				2		
	R	2									2		
Renovar Dictamen y autorización de Deposito de	P					1							
	R												
Pintura	P												1
	R												
Estructura de plataforma	P		1										
	R												
Garzas para carga de acido	P	6				6				6			
	R												
Tanque de drenes T-018	P										1		
	R												
Señalamiento	P					1							
	R												
Regaderas y lavaojos	P		1				1				1		
	R												
<b>CUARTO DE CONTROL</b>													
Mantenimiento eléctrico	P	2	2	3	3	2	3	2	3	3	2	2	3
	R												
Mantenimiento de aires acondicionados	P				1		1		1				
	R												
Fumigación	P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	R												
Calibración de equipos	P							1					
	R												
Pintura	P										1		
	R												
<b>COMEDOR</b>													
Mantenimiento eléctrico	P	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	R												
Mantenimiento de aires acondicionados	P				1		1		1				
	R												
Fumigación	P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	R												
Mantenimiento a plomería	P	1						1					
	R												
Pintura	P												1
	R												
<b>FOSA DE NEUTRALIZACION</b>													
Mantenimiento a Bombas	P		1					1	1				
	R												
Calibración de equipos	P							1					
	R												

PROCESO	ACIDO SULFURICO												
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mantenimiento fosa de neutralización	P		1			1			1			1	
	R												
Pintura	P										1		
	R												
Mantenimiento pozos de absorción	P		1			1			1			1	
	R												
<b>AREA DE TRANSFERENCIAS</b>													
Mantenimiento eléctrico	P	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2
	R												
Mantenimiento a Bombas	P				2		2		2		2		2
	R												
Mantenimiento Tinacos, Aljibes y/o Fosas	P			1				1				1	
	R												
Regaderas y lavaojos	P				1				1				1
	R												
Mantenimiento tuberías	P									1			
	R												
Mantenimiento válvulas	P				1								
	R												
Mantenimiento a berma	P	1				1				1			
	R												
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO T-007</b>													
Mantenimiento eléctrico	P	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
	R												
Estructura de berma	P						1						1
	R												
Mantenimiento tuberías	P									1			
	R												
Señalamiento	P											1	
	R												
Mantenimiento válvulas	P				1								
	R												
<b>TANQUES SUPERIORES T-008, T-009, T-010. T-011</b>													
Mantenimiento eléctrico	P	3	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3
	R												
Mantenimiento a Bombas	P	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	3	1
	R												
Mantenimiento Tinacos, Aljibes y/o Fosas	P						1						1
	R												
Mantenimiento tuberías	P									1			
	R												
Mantenimiento válvulas	P				1								
	R												
Conos Indicadores de Viento	P				2						2		
	R												
Señalamientos	P											1	
	R												
Mantenimiento a Berma	P		1						1				
	R												
Regaderas y lavaojos	P	1				1				1			
	R												
Cobertizo de operaciones (val. Fisher)	P			1							1		
	R												
<b>TANQUE T-019</b>													
Mantenimiento eléctrico	P	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3
	R												
Mantenimiento a Bombas	P				1		1		1		1		1
	R												
Calibración de equipos	P							1					
	R												
	P					1							

PROCESO	ACIDO SULFURICO												
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Renovar Dictamen y	R												
Mantenimiento a Berma	P				1						1		
	R												
Mantenimiento tuberías	P									1			
	R												
Mantenimiento válvulas	P				1						1		
	R												
Regaderas y lavajos	P				1				1				1
	R												
Pintura	P				1						1		
	R												
<b>TRAMO 5, 6</b>													
Manifolds 005 y 006	P	2				2				2			
	R												
Mantenimiento tuberías	P	2				2				2			
	R												
Mantenimiento válvulas	P	2				2				2			
	R												
Regaderas y lavajos	P		1						1				
	R												

**f) Otros recursos naturales que se aprovechen y su procedencia, tipo de maquinaria y equipo;**

No se lleva a cabo el aprovechamiento de recursos naturales.

**g) Tipo y cantidad de sustancias y materiales que se utilizarán y almacenarán, etc.;**

Se almacena ácido sulfúrico. La capacidad máxima de almacenamiento es de 50,000 Tm en cinco tanques cilíndricos de 10,000Tm cada uno. También se utiliza un tanque de 7.24 m<sup>3</sup> de capacidad denominado tanque T-18 que se localiza en el área de recepción de ácido sulfúrico. Su función no es almacenar, sino servir como regulador volumétrico (captando cargas residuales de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) durante la descarga de carro tanque o de pipa y el trasvase hacia el tanque de transferencia T-7.

**h) Tipo de reparaciones a sistemas, equipo, etc.;**

Las reparaciones que se realizan consisten en sustituciones de sellos, ajustes de bridas, soldaduras, las requeridas por bombas, compresores, componentes eléctricos y electrónicos, algunos aspectos constructivos, acabados, etc. También se llevan a cabo las resultantes de observaciones del mantenimiento.

**i) Generación, manejo y descarga de aguas residuales (indicar el volumen estimado de agua residual que se generará, señalando origen, empleo que se le dará, volumen diario descargado, sitio de descarga);**

Es técnicamente aceptado que el 80% del agua que es utilizada para servicios y aseo será generada como agua residual, con esta base de la dotación diaria de 7,200.0 l/día, se estima que serán generados como aguas residuales de tipo doméstico 5,760 l/día. Una aproximación a la calidad de

las aguas residuales domésticas que se generan y su contenido de contaminantes<sup>2</sup>, se obtiene mediante la aplicación los datos reportados en la Tabla II.3, respecto de los cuales la composición esperada de las aguas residuales se anticipa en el rango medio.

Tabla II. 1. Composición típica de aguas residuales domésticas sin tratar.

Contaminante	Unidad	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales	mg/l	350	720	1,200
Sólidos disueltos totales	mg/l	250	500	850
Sólidos suspendidos totales	mg/l	100	220	350
Sólidos sedimentables	mg/l	5	10	20
DBO <sub>5</sub>	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total	mg/l	80	160	290
DQO	mg/l	250	500	1,000
Nitrógeno total	mg/l	20	40	85
Fósforo total	mg/l	4	8	15
Cloruros	mg/l	30	50	100
Sulfato	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	50	100	200
Grasas	mg/l	50	100	150
Coliformes	No/100 ml	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>
Compuestos orgánicos volátiles	µg/l	<100	100-400	>400

Los valores del rango medio de la Tabla II.3 se multiplican por el gasto diario de las aguas residuales (5,760 l/día), para obtener la carga diaria esperada de contaminantes en el agua residual que se reporta en la Tabla II.4.

Tabla II. 2. Generación diaria estimada de contaminantes en las aguas residuales en la operación de la Terminal Marítima Guaymas.

Contaminante	Unidad	Cantidad diaria estimada
Sólidos totales	kg	4.15
Sólidos disueltos totales	kg	2.88
Sólidos suspendidos totales	kg	1.27
Sólidos sedimentables	kg	0.06
DBO <sub>5</sub>	kg	1.27
Carbono orgánico total	kg	0.92
DQO	kg	2.88
Nitrógeno total	kg	0.23
Fósforo total	kg	0.05
Cloruros	kg	0.29
Sulfato	kg	0.17
Alcalinidad (CaCO <sub>3</sub> )	kg	0.58
Grasas	kg	0.58

<sup>2</sup> Adaptado de: Rau G.R. and Wooten C. D. Environmental Impact Analysis Handbook. Mc. Graw Hill Co. Table 6.13 Characteristics of Typical Domestic Waters.

Contaminante	Unidad	Cantidad diaria estimada
Coliformes	número	$5.76 \times 10^{10}$ - $5.76 \times 10^{11}$
Compuestos orgánicos volátiles	kg	0.58 – 2.30

Estas aguas residuales son retiradas periódicamente por un prestador de servicios autorizado quien se encarga de disponerlas conforme le ha sido autorizado por la autoridad competente.

**j) En caso de generar lodos, especificar origen, composición esperada, volumen generado por mes, sitio de almacenamiento temporal y disposición final.**

No se generan lodos de ningún tipo.

## II.2.7 Otros insumos.

**II.2.7.1 Sustancias o materiales no peligrosos** Enlistar todas las sustancias no peligrosas, con su nombre común y técnico, su estado físico, las cantidades que serán almacenadas y el consumo mensual de cada una de ellas.

Las sustancias o materiales no peligrosos que se utilizan en las instalaciones de la Terminal marítima de Guaymas, destinadas al manejo de ácido sulfúrico son los contenidos en el Cuadro II.2.

Cuadro II.2.- Sustancias y materiales no peligrosos.

Sustancia	Almacenamiento	Uso en:	Consumo mensual
Aire comprimido	No se almacena	Embarque/recepción	No se mide
Bicarbonato de sodio	Almacén de bicarbonato	Neutralizador de $H_2SO_4$	1,960 kg
Líquidos hidráulicos	Almacén de lubricantes	Mantenimiento de maquinaria	30.02 l
Aceites lubricantes de diferentes grados	Almacén de lubricantes	Mantenimiento de maquinaria	31.5
Grasa lubricante	Almacén de lubricantes	Mantenimiento de maquinaria	6,577 kg
Desengrasante	Almacén de lubricantes	Mantenimiento de maquinaria	2,145 l
Pinturas		Mantenimiento de instalaciones	17.5 l

## II.2.7.2 Sustancias o materiales peligrosos.

Las sustancias peligrosas que se almacenan en las instalaciones de la Terminal Marítima de Guaymas, destinadas al manejo de ácido sulfúrico son: ácido sulfúrico, hidróxido de calcio, sosa cáustica (Cuadro II.3). En el Anexo 3 se encuentran las hojas de datos de seguridad de estas sustancias. Ninguna de estas sustancias se encuentra en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas.

Cuadro II.3.- Sustancias peligrosas.

Sustancia	Fórmula	Forma de almacenamiento	Almacenamiento. Cantidad máxima	Pictogramas	
Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5 tanques cilíndricos verticales de 10,000 Tm cada uno.	50,000 Tm.		
Sosa cáustica	NaOH	1 almacén. En tanques de 200 l.	3,400 l		
Cal	Ca(OH) <sub>2</sub>	2 almacenes, a granel.	25 Tm		---

La Figura II.12 ilustra los almacenes de cal.



Figura II.12.- Almacenes de cal a granel.

### II.2.8 Descripción de las obras asociadas al proyecto.

Dentro de las instalaciones de la Terminal Marítima de Guaymas, se encuentran edificaciones destinadas a otras operaciones diferentes del Manejo de Ácido Sulfúrico e independientes en cuanto a operaciones se refiere. Sin embargo, forman parte de ellas un comedor y el área de oficinas las cuales son utilizadas por algunos de los empleados del área de ácido sulfúrico. Si bien no se pueden considerar obras asociadas al Manejo de Ácido Sulfúrico, le prestan los servicios de comedor y oficinas administrativas.

### II.2.9 Etapa de abandono del sitio.

Por ahora, no se tiene contemplado el abandono de las instalaciones. El convenio modificatorio de la cesión de derechos para ocupar el predio en el recinto portuario tiene vigencia hasta el 29 de junio del año 2044 (Anexo 1). Se estima que con la debida oportunidad se solicitará la prórroga o se tramitará una nueva cesión de derechos.

En el caso de que se decidiese no continuar ocupando el predio de las instalaciones, con toda oportunidad se elaborará y formulara el programa de cierre que corresponda y será presentado a las autoridades competentes para que determinen lo conducente.

El plan de cierre que en su oportunidad se presente, entre otros temas, incluirá:

- ⊕ Verificación y actualización de cumplimiento respecto de las diversas regulaciones ambientales con las que se cuente previo al cierre.
- ⊕ Procedimiento para el paro de operaciones.
- ⊕ Programa calendarizado de cese de actividades y cierre.
- ⊕ Inventario y cuantificación de edificaciones, equipos, instrumentación, y otras instalaciones.
- ⊕ Vaciado, purga y drenado de líneas, bombas, y tanques para el manejo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- ⊕ Desenergizado y levantamiento de instalaciones eléctricas.
- ⊕ Desmantelamiento de equipos.
- ⊕ Programa para la gestión de residuos durante el cierre y desmantelamiento.
- ⊕ Demolición de estructuras edificadas, y en su caso levantamiento de pisos y pavimentos.
- ⊕ Identificación de sitios que pudieran haber sido contaminados con hidrocarburos.
- ⊕ En su caso, caracterización del sitio y propuesta de remediación conforme a la NOM-138-SEMARNAT/ SSA1-2012.
- ⊕ Diagnóstico ambiental del sitio.
- ⊕ En su caso, propuestas de solución o mitigación.
- ⊕ Programa de seguimiento y vigilancia ambiental, post cierre.
- ⊕ Determinación de montos de garantías de cumplimiento y contratación de instrumento (seguro, fianza, etc.).

#### II.2.10 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.

##### Residuos sólidos urbanos.

La generación *per cápita* media en Guaymas, Son., es 0.760 kg/hab/día<sup>3</sup>. El número de trabajadores diariamente en las instalaciones de manejo del ácido sulfúrico es de 48 por lo tanto, la generación diaria de residuos sólidos urbanos será 0.760 kg/persona/día x 48 personas = 36.5 kg/día. Esta cantidad se colecta en recipientes etiquetados con los identificadores Residuos Orgánicos e Inorgánicos. El servicio de recolección municipal los retira y conduce al relleno sanitario de la ciudad.

##### Residuos de manejo especial.

Anualmente se generan las cantidades indicadas en la Tabla II.5.

Tabla II.5.- Residuos de manejo especial generados anualmente<sup>4</sup>.

Residuo de manejo especial	Generación anual (Tm)
Chatarra	26
Latas y PET	4
Plástico	2.5

Los residuos de manejo especial son gestionados de acuerdo con lo establecido en la Licencia Ambiental Integral número LAI No. DGA-LAI-111/10 otorgada en favor de la promovente, por la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora.

##### Residuos peligrosos.

<sup>3</sup> Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos de Sonora. Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora.

<sup>4</sup> Latas, PET y plástico se consideran de manejo especial por la cantidad.

Las cantidades anualmente generadas de residuos peligrosos se indican en la Tabla II.6.

Tabla II.6.- Residuos peligrosos anualmente<sup>5</sup>.

Residuo peligroso	Generación anual
Aceite lubricante usado	1,624 l
Contenedores que contuvieron sustancias químicas peligrosas	1,175 kg
Sólidos impregnados con hidrocarburos	1,316 kg
Acumuladores automotrices	220 kg
Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio	19 kg
Pilas alcalinas	50 kg
Sólidos con metales pesados	4,500 kg

La Figura II.11 muestra el almacén temporal de residuos peligrosos que se utiliza en el Manejo de ácido Sulfúrico..



Figura II.11.- Almacén de residuos peligrosos en las instalaciones.

Los residuos peligrosos son manejados al amparo del registro del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos No. 26-PMG-1-1801 -2015 del cual se incluye copia en el Anexo 1.

### II.2.11 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos.

En las instalaciones se cuenta con un almacén temporal de residuos peligrosos, donde se almacenan estos residuos hasta el momento en que el recolector autorizado los retira.

La gestión de los residuos se realiza conforme a las disposiciones de las autoridades competentes y no se procesan o transforman residuos en la Terminal Marítima de Guaymas.



<sup>5</sup> Generación en 2019.

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

En este capítulo se analizan los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y de uso del suelo que guardan relación la Recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Son.

#### III.1. Planes de ordenamiento ecológico del territorio (POET) decretados

##### III.1.1.- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio<sup>1</sup> (POEGT), establece que el área donde se ubican las instalaciones para recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Son., se localiza dentro de la **Región Ecológica 15.32**, particularmente en la **Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 104**, denominada "**Sierras y Llanuras Sonorenses Orientales**". En cuanto al estado actual del medio ambiente, esta unidad biofísica se cataloga como **Inestable. Conflicto Sectorial Bajo**. Muy baja superficie de ANP's. Alta degradación de los Suelos. Baja degradación de la Vegetación. Media degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es de baja a media. 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. El uso de suelo es de Otro tipo de vegetación. Déficit de agua superficial. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 21.1. Muy baja marginación social. Muy alto índice medio de educación. Medio índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Bajo porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Muy alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola altamente tecnificada. Alta importancia de la actividad minera. Baja importancia de la actividad ganadera.

En la propuesta del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, la política ambiental es de Aprovechamiento Sustentable y Restauración, con prioridad de atención Baja.

Para esta Unidad el parámetro rector de desarrollo es Preservación de Flora y Fauna, siendo coadyuvantes del desarrollo la Ganadería y Minería; como asociados del desarrollo lo Forestal. Otros sectores de interés son la Agricultura. Las estrategias sectoriales contempladas para la UAB 104 son: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 33, 36, 37, 42, 43, 44. Respecto de esta normativa el Cuadro III.1 presenta la relación que guarda con el manejo de ácido sulfúrico en la terminal Marítima de Guaymas.

---

<sup>1</sup> Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. <http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Paginas/OrdGenTerr.aspx>

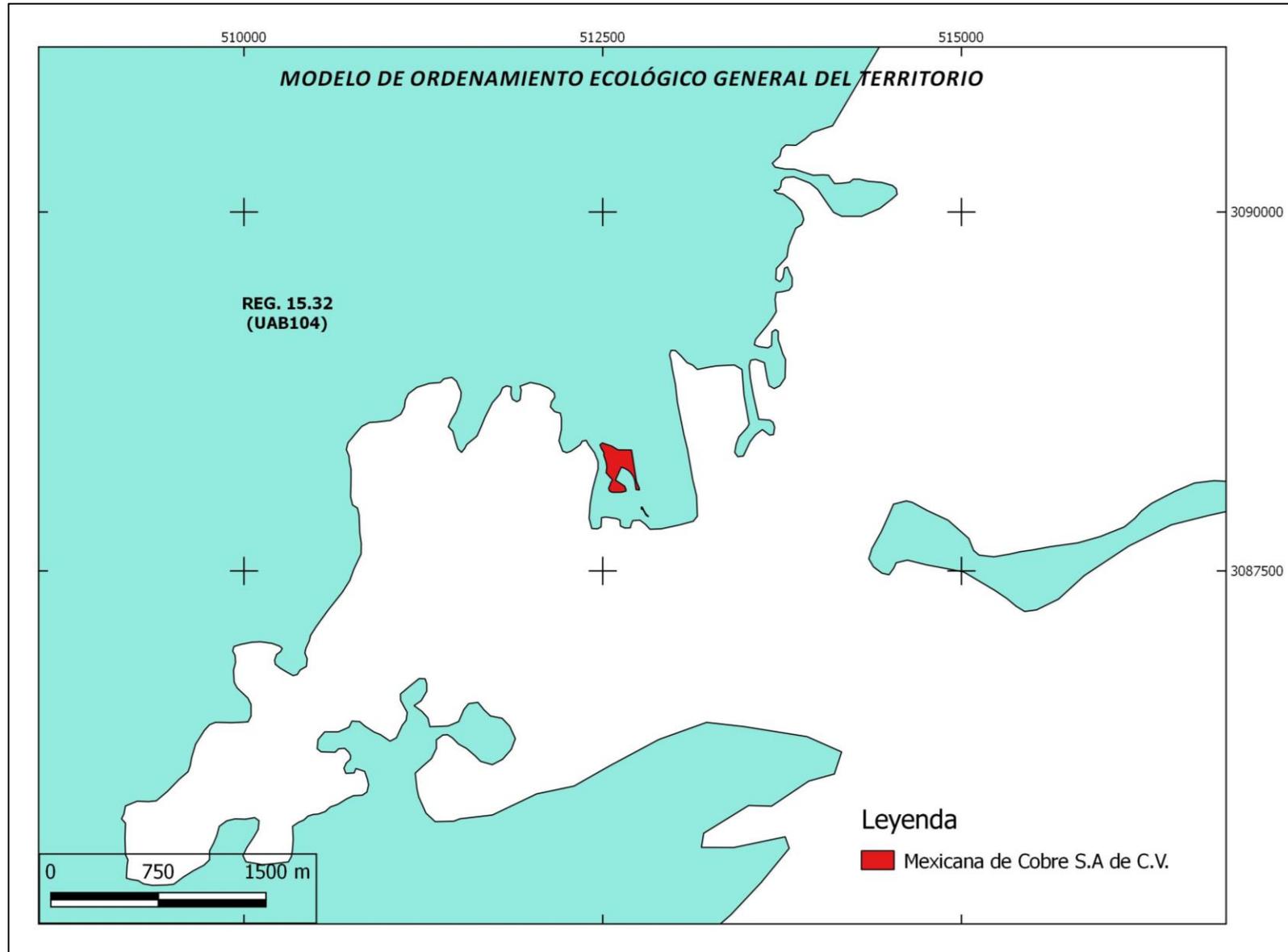


Figura III.1.- Imagen del Modelo de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. REG 15.32 UAB 104.

Cuadro III.1.- Relación de las estrategias sectoriales del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio y la recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Son.

<b>Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio</b>		<b>Relación el manejo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>
A) Preservación.	1. Conservación <i>in situ</i> de los ecosistemas y su biodiversidad. 2. Recuperación de especies en riesgo. 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	No tienen relación con las actividades de recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico ya que éstas, se realizan al interior del predio donde no se encuentran presentes estos elementos ambientales.
B) Aprovechamiento sustentable.	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. 8. Valoración de los servicios ambientales.	No existe un vínculo directo entre estas estrategias sectoriales y el . Ninguna de las actividades que se realizan tiene relación con estas estrategias sectoriales.
C) Protección de los Recursos Naturales.	12. Protección de los ecosistemas. 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	La actividad que se plantea no pretende afectar recursos naturales ni ecosistemas. No se emplearán agroquímicos. Es importante mencionar que se cuenta con un “Plan de Emergencias” que entre otros aspectos plantea proteger los ecosistemas inmediatos al área.
D) Restauración.	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	El predio donde se realizan las actividades no es terreno forestal ni agrícola.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios.	15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables 15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	La recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Sones coadyuvante con estas estrategias sectoriales, ya que el ácido sulfúrico proviene de la industria metalúrgica, la cual a su vez procesa minerales provenientes de la minería. No se relaciona con la estrategia 15 bis ya que las actividades que se llevan a cabo no son mineras.
<b>Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana</b>		<b>Relación con el manejo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>
E) Desarrollo social	33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la	Las actividades de manejo de ácido sulfúrico en la terminal Guaymas no guardan relación alguna con el uso

	<p>articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.</p> <p>36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza</p> <p>37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.</p>	de recursos públicos, ni con las políticas alimentaria y agraria.
<b>Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional</b>		<b>Relación con el manejo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>
A) Marco Jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural	El predio de la terminal Guaymas es concesionado por la API Guaymas, no es propiedad rural.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil	Estas estrategias sectoriales son aplicables a las instituciones gubernamentales competentes. Las actividades relacionadas con el manejo de ácido sulfúrico son realizadas por una empresa de capital privado.

### Vinculación

En función del análisis de relación con las estrategias sectoriales antes mencionadas, se concluye que no existe contraposición de las actividades de manejo de ácido sulfúrico con los objetivos y políticas del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

### III.1.2.- Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Sonora.

A la fecha de elaboración de la presente MIA modalidad particular, el estado de Sonora se encuentran vigentes tres Programas de Ordenamiento Ecológico y Territorial (en su clasificación de Regional, Local y Marino), sin embargo, al área de las instalaciones de la Terminal Marítima de Guaymas le aplican los siguientes (ver Cuadro II.2).

Cuadro III.2.- Ordenamientos aplicables.

Ordenamiento Ecológico	Fecha de Decreto	Documento
Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California	D.O.F. 29/Nov/2006 (Decreto) D.O.F. 15/Dic/2006 (Acuerdo)	Decreto por el que se aprueba el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California

Ordenamiento Ecológico	Fecha de Decreto	Documento
Costa de Sonora	PO. 20/Ago/2009	Decreto del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Costa de Sonora

El Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California, es un instrumento de política ambiental, a través del cual gobierno y sociedad construyen de manera conjunta un proceso de planeación regional en el que se generan, instrumentan y evalúan las políticas públicas dirigidas a lograr un mejor balance entre las actividades productivas y la protección del ambiente. Para facilitar el estudio de la región se generaron 22 Unidades de Gestión Ambiental (UGA) con características homogéneas en términos de los patrones regionales de presión, fragilidad y vulnerabilidad. De éstas, 15 limitan con la costa y se denominan unidad de gestión costera (UGC) y 7 se ubican en medio del océano y se denominan unidad de gestión oceánica (UGO), cada una cuenta con lineamientos o metas a alcanzar.

El manejo de ácido sulfúrico se vincula con una UGC, específicamente la UGC10, con nombre de “Guaymas-Sonora Sur”, limita con el litoral del estado de Sonora que va desde el norte de Guaymas hasta el límite estatal de entre Sonora y Sinaloa (Figuras III.2 y III.3), cuenta con una superficie de 8,171km<sup>2</sup>, entre los principales centros de población se encuentra Guaymas, Son.

El sector de Pesca industrial y pesca ribereña cuenta con interacciones predominantes como el uso de las mismas especies y/o espacios, particularmente en la pesquería del camarón y captura incidental de especies objetivas de la pesca ribereña por parte de la flota industrial. Mientras que el sector de Pesca industrial y conservación cuenta con interacciones predominantes como el impacto de la pesca de arrastre sobre el fondo marino y por la captura incidental de especies y poblaciones de riesgo y prioritarias para la conservación conforme a la Ley General de Vida Silvestre, además de la zona de pesca de pelágicos menores, recurso considerado como estratégico por el sector Conservación en la distribución de manifiestos marinos. Sinergia potencial si se acuerdan medidas de manejo concertadas. Por último, el sector de Pesca ribereña y conservación cuenta con atributos ambientales como la captura de especies y poblaciones en riesgo y prioritaria para la conservación conforme a la LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE, además de un uso de las islas para el establecimiento de campamento temporales, generando problemas de contaminación introducción de especies exóticas y perturbación de flora y fauna en general.

La ficha de esta Unidad de Gestión señala en el contexto regional lo siguiente:

- **Nivel de presión terrestre:** medio en la parte Norte, alto en la parte Sur.
  - ⊕ **Norte:** asociada principalmente a la actividad agrícola y al desarrollo urbano en Guaymas
  - ⊕ **Sur:** asociada a la actividad agrícola y al desarrollo urbano en Obregón, Esperanza, Navojoa y Huatabampo, entre otras.

**Centro-Sur:** asociada a la actividad acuícola (principalmente cultivo de camarón) en los sistemas lagunares.

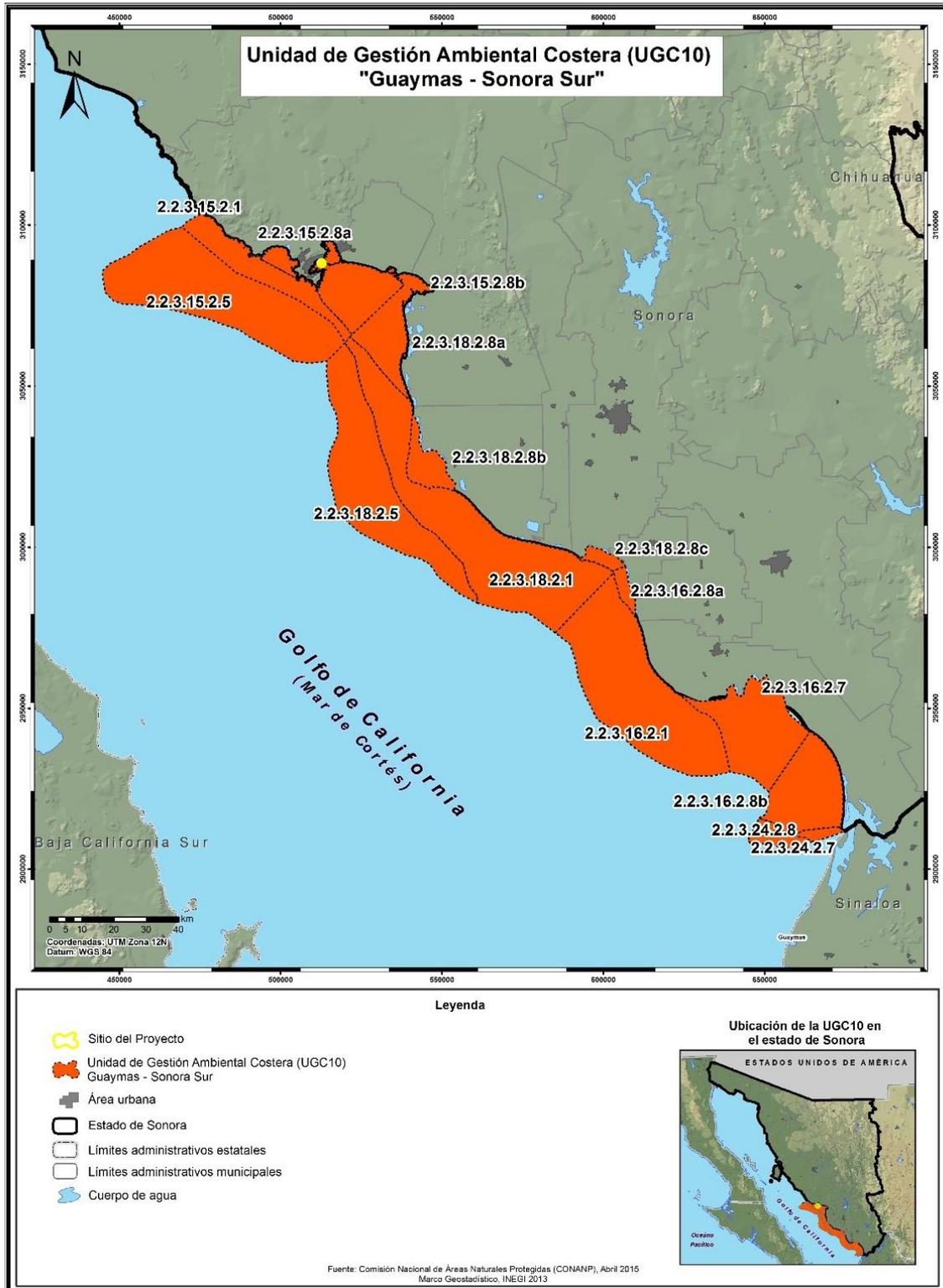


Figura III.2.- Región Ecológica y UGC 10 Guaymas-Sonora Sur que marca el POET y ubicación del sitio de la Terminal Marítima de Guaymas.

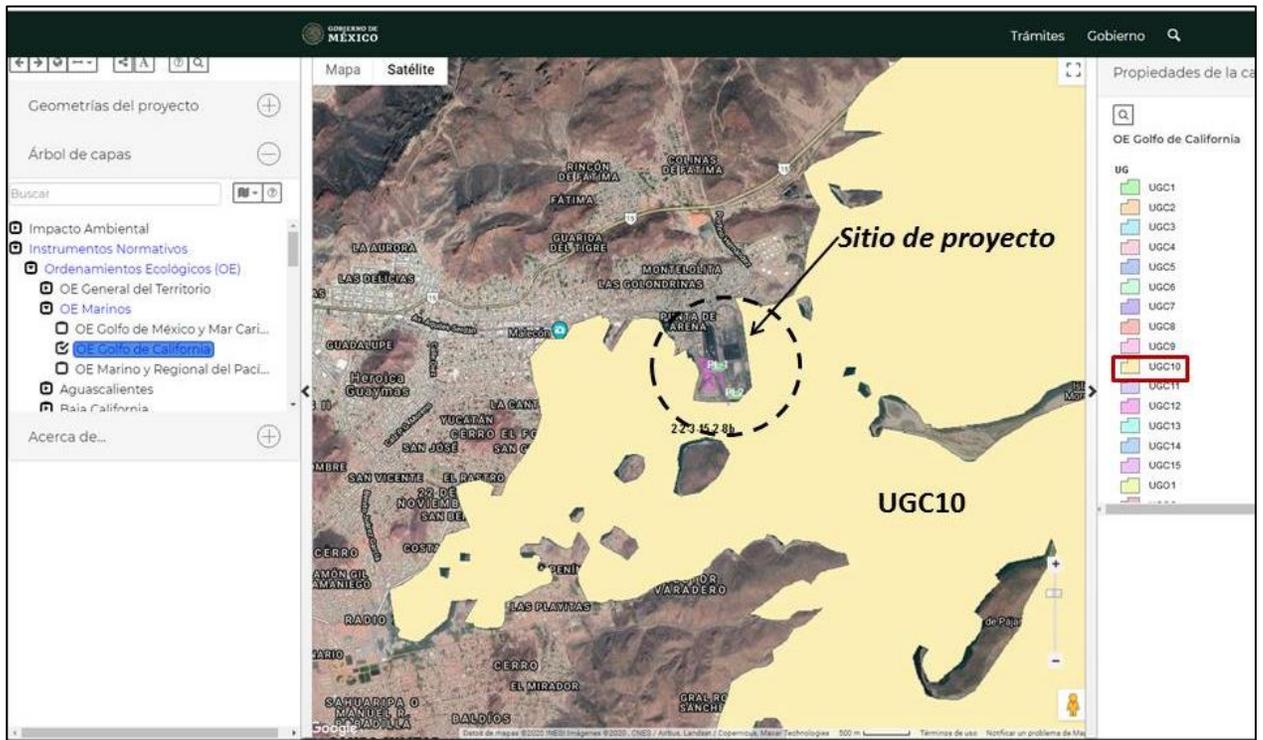


Figura III.3.- Ubicación del sitio de la terminal marítima de Guaymas con respecto a la UGC 10 Guaymas-Sonora Sur. Tomada del Sistema SIGEIA-SEMARNAT<sup>2</sup>.

Asimismo, debido a las contribuciones de los sistemas agrícolas, las aportaciones del Río Yaqui han generado un alto riesgo de eutrofización de los ecosistemas marinos costeros de esta Unidad

- **Nivel de vulnerabilidad:** muy alto
- **Fragilidad:** muy alta
- **Nivel de presión general:** muy alto

En cuanto a **Lineamiento ecológico**, señala lo siguiente:

Las actividades productivas que se lleven a cabo en esta Unidad de Gestión Ambiental deberán desarrollarse de acuerdo con las acciones generales de sustentabilidad, con el objeto de mantener los atributos naturales que determinan las aptitudes sectoriales, particularmente las de los sectores de pesca ribereña, pesca industrial y conservación que presentan interacciones altas. En esta Unidad se deberá dar un énfasis especial a un enfoque de corrección que permita revertir las tendencias de presión muy alta, la cual está dada por un nivel de presión terrestre medio en la parte norte y alto en la parte sur, así como por un nivel de presión marina alto.

<sup>2</sup> En la Figuras III.3, III.4, y III.5, sitio de o del proyecto se refiere a al predio ocupado por las instalaciones de manejo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Consecuentemente se tiene que la actividades de recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Son., no interactúan directa o indirectamente a alguno de los siete Sectores de este Programa. La recepción, almacenamiento y entrega de ácido sulfúrico se desarrollará en las instalaciones del puerto de Guaymas de acuerdo con la normatividad ambiental sin alterar la UGC 10.

En cuanto al Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Costa de Sonora, la Terminal Marítima de Guaymas se localiza en la UGA 11, que tiene asignado como Uso Predominante: Conservación de Cactáceas (Figura II.4), sin embargo dada la presencia de instalaciones industriales y la posterioridad del Ordenamiento Ecológico a la existencia de las instalaciones, no se presentan condiciones para que este uso resulte aplicable en la práctica.

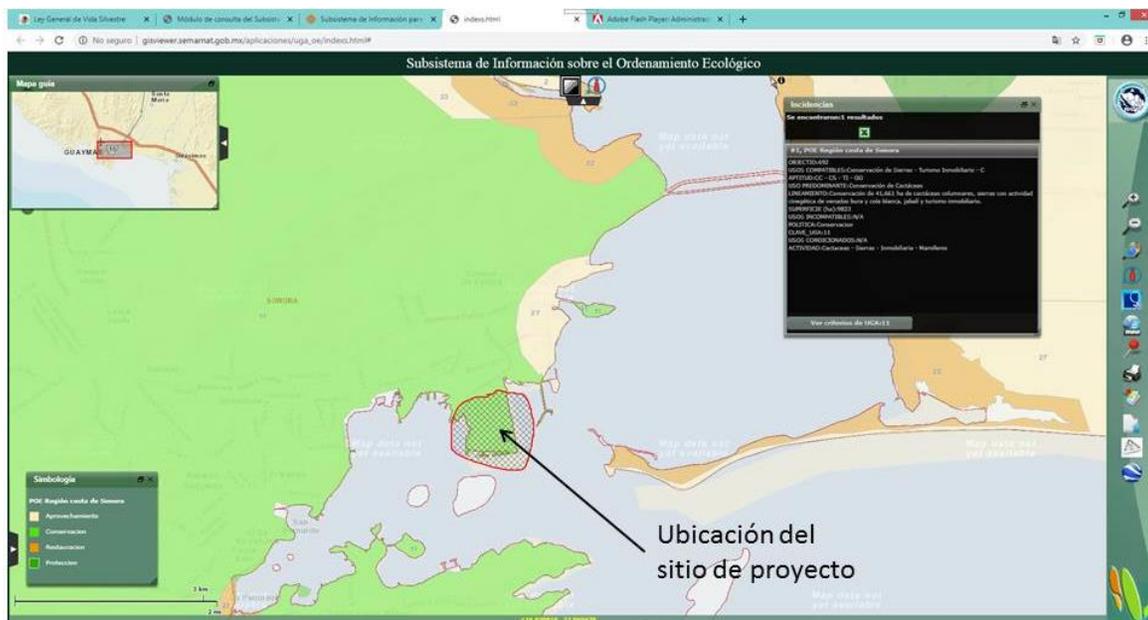


Figura II.4.- Ubicación de la Terminal Marítima de Guaymas con respecto a la UGA 11.

El manejo de ácido sulfúrico en la terminal Marítima de Guaymas no tiene relación alguna con los objetivos de ésta UGA, así como tampoco ocasiona perturbaciones que interfieran con la Conservación de cactáceas.

### III.2. Planes y Programas de Desarrollo Urbano

Toda vez que el área de manejo de ácido sulfúrico se realiza dentro del recinto Portuario de Guaymas, no le aplica programa de desarrollo urbano alguno.

#### Programa Maestro de Desarrollo Portuario del Puerto de Guaymas 2016-2021.

El predio que ocupa la empresa Mexicana de Cobre, S.A. de C.V., se ubica al interior del recinto portuario de Guaymas, Son., el cual le ha sido concesionado por la Secretaría de Comunicaciones y

Transportes a la Administración Portuaria Integral, S.A. de C.V. (API Guaymas), que tiene la responsabilidad de planear, programar y ejecutar las acciones necesarias para la operación, promoción y desarrollo del puerto, por lo que le corresponde aplicar el Plan Maestro de Desarrollo Portuario.

Tomando como base la zonificación que este programa señala para el recinto, se identifica que el predio de la terminal marítima corresponde a la zona portuaria 4 Pa E, que tiene como destino Terminal de concentrados y sus derivados (Figura II.5).

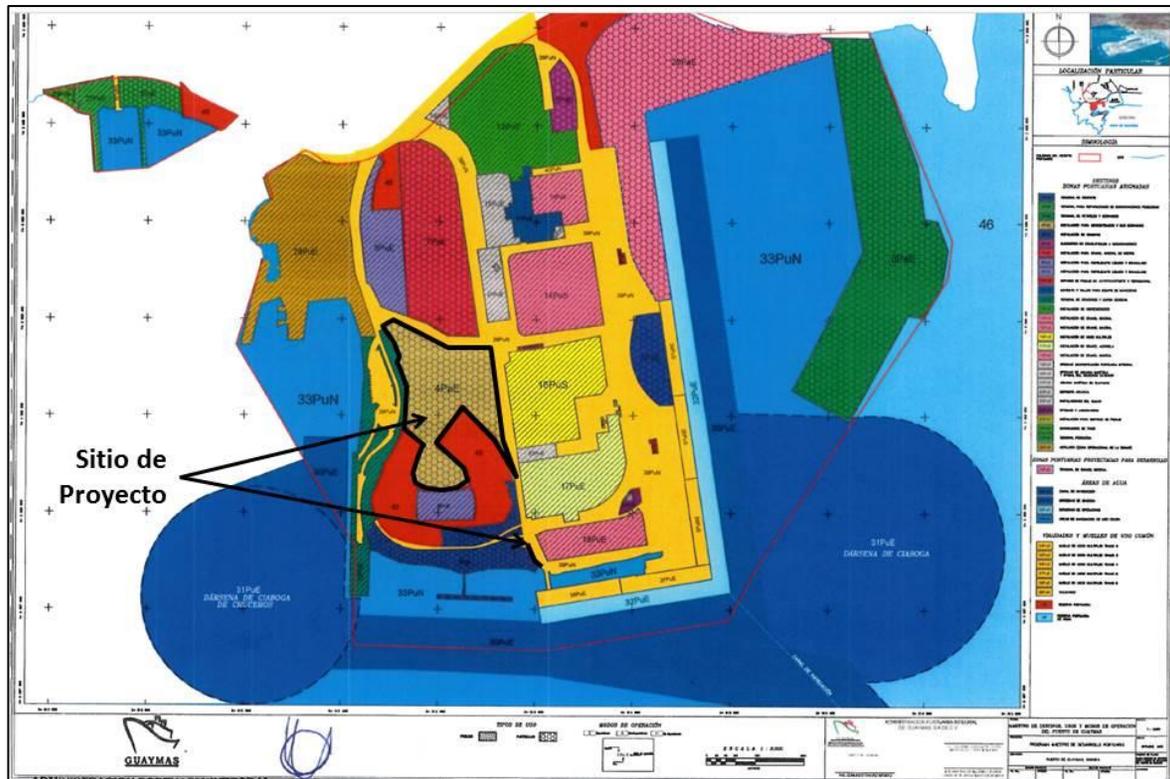


Figura II.5.- Zonificación del Puerto de Guaymas.

Las empresas asentadas en el Puerto están obligadas a cumplir con las Reglas de Operación que ha emitido la API Guaymas, avaladas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por lo que la recepción, almacenamiento y entrega de ácido sulfúrico, se encuentra alineada con la zonificación antes señalada. Además de que el almacenamiento se encuentra acorde con lo establecido en la línea Comercial.

### III.3. Áreas naturales protegidas, prioritarias a nivel federal, estatal y municipal.

#### III.3.1.- Regiones Prioritarias de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

De acuerdo con la información generada por el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) de la SEMARNAT, en relación con este tipo de áreas,

señala únicamente vinculación con la Regiones Hidrológicas Prioritarias. Como se puede observar en la Figura III.6.

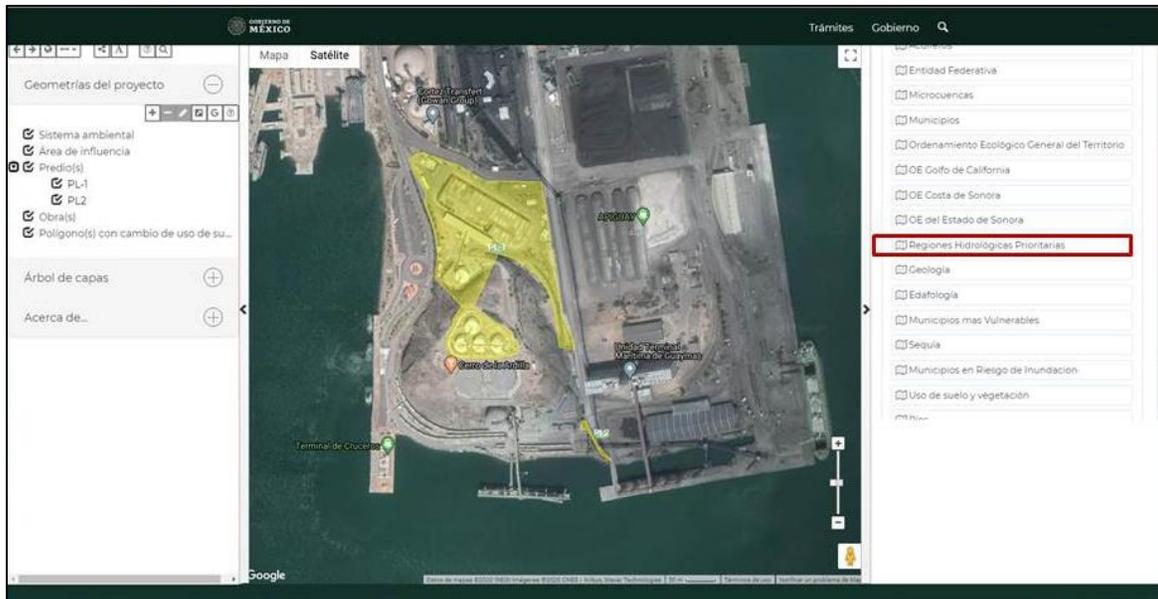


Figura III.6.- Instrumentos vinculantes a la Terminal Marítima de Guaymas.

### Región Hidrológica Prioritaria RHP 15 “Cajón del Diablo”

El predio donde se realiza el manejo de ácido sulfúrico se encuentra dentro de la RHP 15 “Cajón del Diablo” (Figura III.7). La RHP 15 se ubica en el estado de Sonora, cubriendo una superficie 2 784.93 km<sup>2</sup>, dentro del polígono de Latitud 28°37'48" – 27°50'24" Norte, y de Longitud 11°27'36' – 110°27'36" Oeste. Sus recursos hídricos lénticos principales son los agujajes; mientras que sus recursos lóticos, corresponden a estero de Tastiola, ríos, arroyos temporales, manantiales. Comprende zonas montañosas, valles, riberas, islas, esteros y bahías. Rocas ígneas y sedimentarias. Los suelos son del tipo Litosol, Yermosol, Regosol y Vertisol. Predomina el clima climas clima muy seco semicálido con lluvias en verano e invierno. Temperatura media anual de 20-24oC. Precipitación total anual hasta 300 mm. La principal actividad económica es pesca ribereña o artesanal, camaronicultura, agricultura, ganadería extensiva y ecoturismo. Los tipos de vegetación incluyen: manglares, vegetación halófila, matorral xerófilo, matorral sarcocaulé (cubre un 60% del área), mezquital, matorral desértico micrófilo. Flora característica: alta biodiversidad en plantas como *Agave felgeri*, *A. chrysoglossa*, *A. colorata*, *Fouquieria digueti*, *Opuntia reflexispina*, *Pithecellobium confine*, *Viguiera laciniata*, *Washingtonia robusta*. Fauna característica: alta diversidad de invertebrados acuáticos; de moluscos como *Acanthochitona arragonites* (parte lateral de las rocas), *A. exquisita* (bajo rocas), *Aligena obliqua*, *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Calliclava palmeri* (en arena fina), *Calliostoma marshalli* (zonas de marea baja), *Cerithidea albonodosa* (zona litoral), *Chaetopleura euryplax* (bajo rocas en fango), *C. mixta* (zona litoral), *Chelidonura polyalphos* (fango de litorales), *Chione (Chionista) cortezi* (zona litoral), *Chiton virgulatus* (bajo rocas, zona litoral), *Collisella acutapex* (zona litoral), *C. stanfordiana* (zona litoral), *Coralliophila macleani*, *Crassispira (Monilispira) pluto* (litoral rocoso), *Decipifus gracilis*, *Doris pickensi* (litoral rocoso), *Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Euclathurella carissima* (en rocas), *Fusinus (Aptyxis) cinereus*

(sobre rocas), *Fusinus (Fusinus) ambustus* (zonas arenosas), *Fusinus (Fusinus) fredbakeri*, *Haplocochlias lucasensis*, *Knefastia dalli* (en fangos), *Lepidozona clathrata* (bajo rocas), *L. subtilis* (en rocas), *Leptopecten palmeri*, *Littorina albicarinata* (en cavidades, junto a balanos), *Lucina (Callucina) lampra*, *L. lingualis*, *Macoma (Rexithaerus) indentata*, *Mitra (Strigatella) sphoni*, *Morula (Morunella) ferruginosa* (zona litoral, bajo rocas), *Murexiella laurae* (en fondos de grava), *M. mildredae*, *Muricopsis armatus* (zona litoral bajo rocas), *Nassarina (Cigclirina) helenae*, *Nassarina (Steironepion) tincta*, *Nassarina (Zanassarina) anitae*, *Nassarina (Zanassarina) atella*, *Nassarina guaymasensis* (zona litoral), *Nucinella subdola*, *Nymphispira nymphia* (zona litoral rocosa), *Orobitella obliqua*, *Pazinotus advenus* (en fondos fangosos, suelos de roca y conchas pequeñas), *Pitar (Hyphantosoma) pollicaris*, *Pseudochama inermis* (zona litoral), *P. saavedrae*, *Radiella tridentata* (abundante en rocas), *Semele (Amphidesma) junonia*, *Serpulorbis oryzata*, *Stenoplax conspicua sonorana* (bajo rocas), *Tellina (Angulus) coani*, *Tellina (Angulus) guaymasensis*, *Terebra allyni*, *T. iola*, *Typhis (Typhisopsis) grandis*, *Transennella humilis*, *Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso), *Vitrinella guaymasensis*; de peces *Campostoma ornatum*, *Gila ditaenia*, *Poecilia buttleri*, *Poeciliopsis occidentalis*; de reptiles y anfibios la *boa constrictor*, el sapo verde de Sonora *Bufo retiformis*, las tortugas *caguama Caretta*, *Chelonia mydas*, laúd *Dermochelys coriacea* y del desierto *Gopherus agassizi*, el monstruo de Gila *Heloderma suspectum*, la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea*, todas amenazadas y en peligro; de aves *Anas acuta*, el águila real *Aquila chrysaetos*, la lechuza de madriguera *Athene cunicularia*, el ganso canadiense *Branta canadensis*, el halcón pálido *Falco mexicanus*, el halcón peregrino *F. peregrinus*, la gaviota ploma *Larus heermanni*, la cigüeña americana *Mycteria americana*, los paíños *Oceanodroma melania* y *O. microsoma*, el aguililla rojinegra *Parabuteo unicinctus*, el chipe-suelero charquero *Seiurus noveboracensis*, la golondrina marina *Sterna elegans*, el bobo patiazul *Sula nebouxii*, el vireo gris *Vireo vicinior*, todas amenazadas; de mamíferos el venado bura *Odocoileus hemionus*, el venado cola blanca *O. virginianus*, los ratones *Peromyscus boylii* y *P. pembertoni*. Alto endemismo en plantas como *Acacia willardiana*, *Echinocereus websterianus*, *Mammillaria multidigitata* y *M. tayloriorum*, el mezquite *Prosopis articulata*, la mayoría amenazadas; de aves el gorrión sonoreño *Aimophila carpalis* y el gorrión concorrayas *A. quinquestriata*; de mamíferos como el murciélago *Myotis yumanensis* y el chichimoco *Tamias dorsalis sonorensis*. Existe una de las pocas colonias de anidación de la golondrina marina *Sterna antillarum*. Alta diversidad de hábitats en los cañones En el Nacapule donde crece *Psilotum nudum*, las Barajitas y otros grandes cañones de la sierra El Aguaje donde las condiciones de suelo y humedad han dado lugar a una flora con elementos claramente tropicales. El área cercana a Guaymas presenta vegetación afín al distrito de Comondú en Baja California como el cirio *Fouquieria columnaris* y el palo blanco *Lysiloma candida* y la Bahía San Pedro cuya flora se caracteriza por ser extremadamente anómala con elementos de Baja California como *Acacia californica*, *Carlowrightia fimbriata*, *Ficus petiolaris var. palmeri*, *Glaucothea armata* y *Lysiloma candida*, asociadas con especies de características sonorenses.

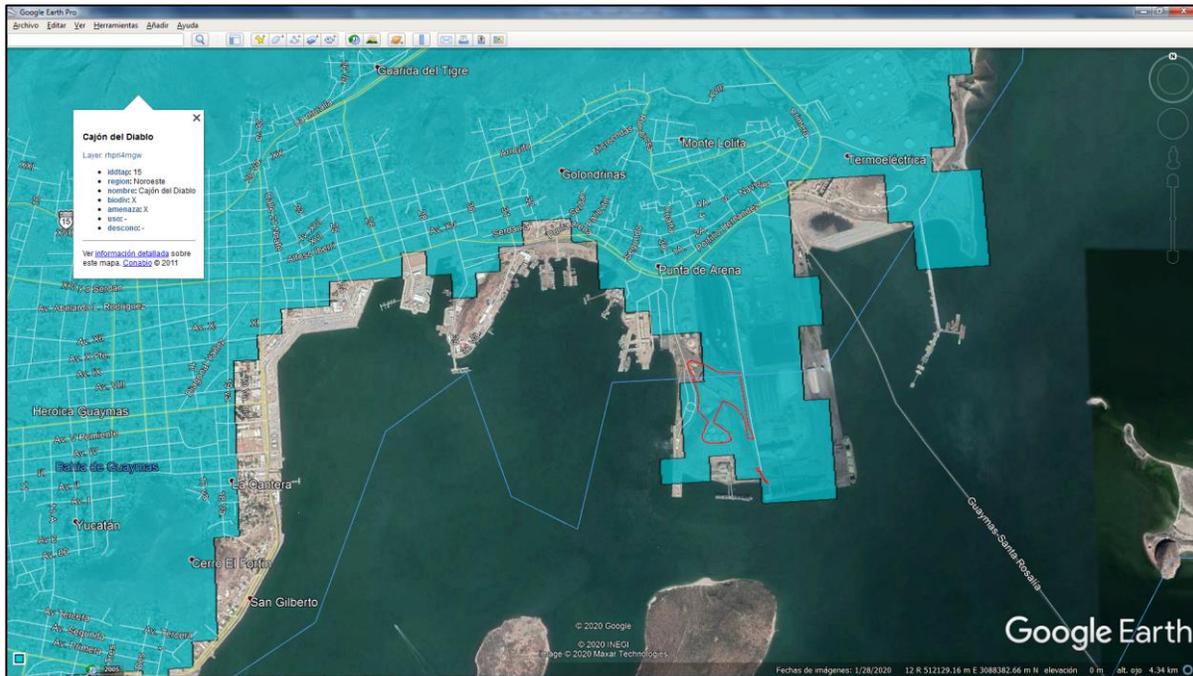


Figura III.7.- RHP 15 Cajón del Diablo. En rojo, predio de las instalaciones de manejo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Las actividades de manejo de ácido sulfúrico si bien se localizan en el límite sur de esta RHP no manifiestan interferencia hidrológica ya que no es una zona de captación de drenajes pluviales no conducción de aguas de escorrentía. Se trata de una superficie industrial que opera desde hace al menos tres décadas, con anterioridad al establecimiento de la RHP.

### III.3.1.- Áreas Naturales Protegidas

El predio de las instalaciones para el manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas no se localiza dentro de ni colinda con áreas naturales protegidas, sean de interés federal o local.

### III.4. LEYES Y REGLAMENTOS.

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

La LGEEPA fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de enero 1988 y cuya reforma más reciente fue el 13 de mayo de 2016. Es un ordenamiento de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que refieren la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las cuales la nación ejerce su soberanía. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable. Al respecto, es de señalarse que esta Ley establece condiciones y requisitos que deberán cumplir la actividades de manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas en sus etapas de operación y de abandono del sitio. En el Cuadro III.3 se presentan los Artículos relacionados con las actividades y su cumplimiento.

Cuadro III.3.- Disposiciones de la LGEEPA y la vinculación con el manejo de ácido sulfúrico.

DISPOSICIÓN	Vinculación con con el manejo de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<p>Artículo 28. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos 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 ambiente. Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:</p> <p>X.- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.</p>	<p>Las actividades de manejo de ácido sulfúrico se encuentran vinculadas con esta previsión ya que se realizan en un predio que involucra una porción del litoral del Golfo de California.</p>
<p>Art. 30 Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una Manifestación de Impacto Ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</p>	<p>Se presenta la Manifestación de Impacto Ambiental, en la modalidad particular, para las etapas de operación, término de la vida útil y abandono de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas.</p>
<p>Art. 37 TER. Las normas oficiales mexicanas en materia ambiental son de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional.</p>	<p>Las actividades se realizan en cumplimiento con normas oficiales mexicana aplicables a la operación de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas.</p>
<p>Art. 134. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:</p> <p>II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos.</p>	<p>En la operación de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, el manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos (de manejo especial) se realiza con apego a las autorizaciones y registros que se incluyen en el Anexo 1.</p>
<p>Art. 150 Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría.</p>	<p>En la operación de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, el manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos (de manejo especial) se realiza con apego a las autorizaciones y registros que se incluyen en el Anexo 1.</p>
<p>Art. 151. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados</p>	<p>En la operación de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, el manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos (de manejo especial) se realiza con</p>

DISPOSICIÓN	Vinculación con con el manejo de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.	apego a las autorizaciones y registros que se incluyen en el Anexo 1.
<p>Art. 155. Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas que para ese efecto expida la Secretaría.</p> <p>En la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica o lumínica, ruido o vibraciones, así como en la operación o funcionamiento de las existentes deberán llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente.</p>	<p>En la operación de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, el manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos (de manejo especial) se realiza con apego a las autorizaciones y registros que se incluyen en el Anexo 1.</p>

### Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental

Publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 30 de mayo 2000 y reformado el 31-10-2014. En el Cuadro III.4, se muestra la vinculación de la operación de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, con el Reglamento de la LGEEPA.

Cuadro III.4.- Disposiciones del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental y la vinculación con el manejo de ácido sulfúrico.

DISPOSICIÓN	Vinculación con con el manejo de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<p>Art. 5. Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:</p> <p>R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES:</p> <p>I. Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas, y</p> <p>II. Cualquier actividad que tenga fines u objetivos comerciales, con excepción de las actividades pesqueras que no se encuentran previstas en la fracción XII del artículo 28 de la Ley, y que de acuerdo con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables y su reglamento no requieren de la presentación de una manifestación de impacto ambiental, así como de las de navegación, autoconsumo o subsistencia de las comunidades asentadas en estos ecosistemas.</p>	<p>La parte de las instalaciones que implican la operación del manejo de ácido sulfúrico en la terminal marítima de Guaymas, se localizan en el litoral del Golfo de California. En relación con la fracción I de este artículo, se trata de obras civiles, y en relación con la fracción II las actividades pueden considerarse con fines comerciales, ya que el ácido sulfúrico se embarca como resultado de una transacción comercial.</p> <p>Por lo tanto, se ha elaborado la presente manifestación de impacto ambiental para solicitar la autorización en la materia.</p>

DISPOSICIÓN	Vinculación con con el manejo de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<p>Artículo 10.- Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:</p> <p>I. Regional, o</p> <p>II. Particular</p>	<p>Se presenta la Manifestación de Impacto Ambiental en la Modalidad Particular (MIA-P), por no corresponder a ninguno de los tipos establecidos en el artículo 11 para la modalidad regional.</p>

### **Ley General para Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR)**

Publicada en el DOF el 08 de octubre de 2003 y última reforma publicada en el DOF el 19 de marzo de 2014. La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano 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.

Por la naturaleza de las actividades que se realizan en la operación de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico la generación de residuos no es de cantidades extraordinarias. Sin embargo, en acatamiento de las disposiciones de esta Ley y de las de su Reglamento, los residuos peligrosos son manejados al amparo del registro del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos No. 26-PMG-1-1801 - 2015 del cual se incluye copia en el Anexo 1, y los residuos de manejo especial son gestionados de acuerdo con lo establecido en la Licencia Ambiental Integral número LAI No. DGGA-LAI-111/10 otorgada en favor de la promovente, por la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora. Respecto de los residuos urbanos, la generación es muy reducida, según fue manifestada en el Capítulo II de la presente MIA-P, apartado II.2.10, y son entregados a la autoridad municipal quien los dispone en el relleno sanitario de Guaymas.

### **Ley de Puertos**

El manejo de ácido sulfúrico presenta vinculación con la ley de Puertos, publicada en el D.O.F. el 19 de julio de 1993 y reformada el 19 de diciembre de 2016, en los términos que se señalan a continuación. En sus artículos 11 y 20 se establece que:

#### **Artículo 11**

*"...Los reglamentos de esta ley establecerán las condiciones de construcción, operación y explotación de obras que integren puertos, así como de terminales, marinas e instalaciones portuarias, sin perjuicio de las específicas que se determinen en los programas maestros de desarrollo portuario, en las concesiones, permisos o contratos respectivos, en las normas oficiales mexicanas y en las reglas de operación del puerto."*

#### **Artículo 20**

*"... Los interesados en ocupar áreas, construir y operar terminales, marinas e instalaciones portuarias o prestar servicios portuarios, dentro de las áreas concesionadas a una administración portuaria integral, celebrarán contratos de cesión parcial de derechos o de prestación de servicios, según el caso, en los términos previstos en esta ley y demás disposiciones aplicables."*

La empresa cuenta con un área concesionada de 45,159.40 m<sup>2</sup> dentro del recinto portuario de la API Guaymas, la cual ocupa en virtud del contrato de cesión de derechos (Anexo 1). En esta superficie se tienen las instalaciones necesarias para el manejo de ácido sulfúrico.

### **Reglamento de la Ley de Puertos**

El Reglamento de la Ley de Puertos fue publicado el 21 de noviembre de 1994 y reformado el 2 de abril del 2014, tiene por objeto reglamentar las actividades de construcción, aprovechamiento, explotación, operación, administración y prestación de servicios en los puertos, terminales, marinas e instalaciones portuarias previstas en la Ley de Puertos.

Este reglamento en su artículo 39 señala:

*"El programa maestro que deberá presentar el administrador portuario a la Secretaría, para identificar y justificar los usos, destinos y formas de operación de las diferentes zonas del puerto, deberá incluir lo siguiente:*

- I. El diagnóstico de la situación del puerto que contemple expectativas de crecimiento y desarrollo; así como su vinculación con la economía regional y nacional;*
- II. La descripción de las áreas para operaciones portuarias con la determinación de sus usos, destinos y formas de operación, vialidades y áreas comunes, así como la justificación técnica correspondiente;*
- III. Los programas de construcción, expansión y modernización de la infraestructura y del equipamiento con el análisis financiero que lo soporte;*
- IV. Los servicios y las áreas en los que, en los términos del artículo 46 de la Ley, deba admitirse a todos aquellos prestadores que satisfagan los requisitos que establezcan los reglamentos y reglas de operación respectivos;*
- V. Las medidas y previsiones necesarias para garantizar una eficiente explotación de los espacios portuarios, su desarrollo futuro, la conexión de los diferentes modos de transporte y el compromiso de satisfacer la demanda prevista;*
- VI. Los compromisos de mantenimiento, metas de productividad calendarizadas en términos de indicadores por tipo de carga y aprovechamiento de los bienes objeto de la concesión, y*
- VII. La demás información que se determine en este Reglamento y en los títulos de concesión respectivos. La Secretaría contará con un plazo de sesenta días naturales para resolver sobre la aprobación del programa maestro. De no responder en dicho plazo, se considerará aprobado."*

Si bien esta previsión reglamentaria se aplica a la autoridad portuaria, el manejo de ácido sulfúrico y las instalaciones utilizadas para tal fin por la empresa se ajustan y cumplen con las disposiciones del Plan Maestro del Recinto Portuario y sus Reglas de Operación, tal como se establece en el contrato de cesión de derechos que regula la ocupación de la superficie de 45,159.40 m<sup>2</sup> por parte de la empresa.

### **III.5. NORMAS OFICIALES MEXICANAS**

Las siguientes normas son de observancia obligatoria y se deberán de considerar como medidas precautorias para minimizar los posibles impactos al medio ambiente y sus recursos.

Dadas las características del manejo de ácido sulfúrico en las instalaciones de la Terminal Marítima de Guaymas, le resultan aplicables las normas oficiales mexicanas que se refieren en el Cuadro III.5.

Cuadro III.5.- Normas Oficiales Mexicanas aplicables manejo de ácido sulfúrico en las instalaciones de la Terminal Marítima de Guaymas.

Norma oficial mexicana	Vinculación	Aplicación / cumplimiento
NOM-081-SEMARNAT-1994 y su modificación, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Las instalaciones manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas se encuentra vinculada por considerarse una fuente fija de emisión de ruido de acuerdo con la definición de fuente fija proporcionada por esta norma oficial mexicana.	Se realizan mediciones de ruido en las colindancias del predio. Se realizó un estudio en 2017 donde se determinó que el nivel permitido no es excedido.
NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Vinculada directamente a la generación de residuos peligrosos en la operación de la Terminal Marítima	Los residuos peligrosos son manejados al amparo del registro del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos No. 26-PMG-1-1801 -2015 del cual se incluye copia en el Anexo 1
NOM-138-SEMARNAT/SS-2003. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	Existirá vinculación en caso de derrame de hidrocarburos.	Cuando sea el caso, se realizará la caracterización a partir de la cual se determinará el volumen de suelo afectado y se propondrá el plan de remediación que resulte aplicable.
NOM-147-SEMARNAT-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	Existirá vinculación en caso de derrame de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sobre suelo natural.	En caso de derrame de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sobre suelo natural, existirá la posibilidad de que la reacción pudiese liberar metales. Cuando así fuese se procederá en términos de lo regulado por esta NOM.



#### IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. INVENTARIO AMBIENTAL.

##### IV.1 Delimitación del Área de Estudio.

El método aplicado para la identificación y delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR), se encuentra basado en el criterio de delimitación de cuenca, sub-cuenca, microcuenca y nanocuenca hidrográfica, las cuales constituyen en las unidades territoriales más aceptadas para estudiar, planear y ejecutar proyectos y políticas sobre manejo ambiental (Walker et al., 2006); asimismo, se tomaron en cuenta para la delimitación del SAR, los elementos secundarios que han propiciado la fragmentación y transformación del paisaje y de los hábitats, como lo son la existencia de caminos vías de comunicación (terraceras y carreteras), así como por la presencia y desarrollo de los núcleos poblacionales urbanos, rurales o ejidales dentro del área identificada, al igual que las diferentes actividades antrópicas observadas en la región.

Lo anterior, se determinó bajo la premisa de que una vez iniciado un proceso de fragmentación se desencadena una serie de modificaciones en los procesos ecológicos y por consecuencia se impacta las poblaciones y comunidades de flora y fauna, suelos y agua, tanto de ambientes terrestres como acuáticos, y responden al cambio de la nueva estructura de los fragmentos. Así mismo, se consideró el concepto genérico de región geográfica, cuya característica principal es la de conformar una entidad territorial identificable y delimitada por elementos comunes del paisaje, lo que da lugar a una entidad independiente.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), define la fragmentación, como el proceso de división de un hábitat continuo en secciones, donde los fragmentos resultantes difieren del hábitat original en ser de menor tamaño, estar aislados en mayor o menor grado, y presentar efectos de borde, por lo cuales, el tamaño funcional de los fragmentos resultantes es menor que el de su tamaño real.

La principal consecuencia de la fragmentación es el aislamiento de las poblaciones de flora y fauna, en particular de aquellas especies que tienen poca movilidad. Éstas generalmente son las especies pequeñas de mamíferos y las de lento desplazamiento.

Mikel Gurrutxaga San Vicente y Pedro J. Lozano Valencia señalan que las principales causas de los procesos de reducción y fragmentación de hábitats, son la urbanización y suburbanización del suelo, así como la construcción de infraestructuras lineales de transporte, en especial vías carreteras que afectan notablemente la permeabilidad del paisaje en la medida que conllevan un efecto barrera sobre un amplio grupo de especies de vertebrados terrestres (Forman *et al.*, 2003), en el que, cuanto más ancha es la vía y más tránsito soporta, el efecto barrera es potencialmente más intenso; asimismo, la fragmentación que por efecto de las actividades realizadas en los ambientes marino - costero (transportación marítima, acuicultura, turismo y recreación) han generado, han repercutido en la modificación de la línea de costa, o en la modificación, incluso en interrupción del flujo de corrientes debido a la construcción y operación del puerto, razón por la cual se consideró para la delimitación del Área de Estudio (AE), la poligonal con la que se establecen los límites y colindancias del Recinto Portuario, cuyos vértices fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación el día 17 de enero de 1994.

Para la delimitación del AE, se tomaron en cuenta las características fisiográficas y las condiciones ambientales de la zona en la que se realiza el manejo del ácido sulfúrico, y que se denomina Área de Operaciones (AO). A la vez, se establece el Área de Influencia (AI) como aquella sobre la cual potencialmente se manifestarán los efectos directos de las operaciones de: Recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Son.

Físicamente, el área de estudio está delimitada por los elementos topográficos que conforman los parteaguas naturales del sistema hidrológico, y que se constituyen en barreras físicas, que con la construcción de vías de comunicación, los asentamientos humanos y las actividades portuarias, y que han modificado los rasgos fisiográficos, topográficos en su parte terrestre, y las condiciones del sistema costero en su parte marina dentro del AE, en los cuales, se ha visto interrumpiendo en algunos sitios, la continuidad del sistema ambiental y sistémico dentro de la microcuenca identificada, por lo que se consideró en primer lugar, el sistema hidrográfico del que forman la parte funcional de la microcuenca del Arroyo de Fátima, cuyos escurrimientos intermitentes drenan hasta el Arroyo Pemex, que nace en las estribaciones del cerro “El Vigía”, cruza la colonia Fátima y luego el Boulevard García López un poco al poniente del entronque de la calle Porfirio Hernández que conduce a las instalaciones de Pemex, este escurrimiento continúa entre terrenos baldíos e instalaciones industriales hasta llegar al ingreso de las instalaciones de almacenamiento de combustible, donde cruza debajo de la calle Porfirio Hernández y se introduce en un ducto subterráneo que bordea estas instalaciones y las de la termoeléctrica de CFE para descargar en la bahía de Guaymas. Conceptualmente las diferentes áreas analizadas se ilustran en la Figura IV.1.

En segundo lugar, se consideraron los rasgos fisiográficos terrestres dentro del Área de Estudio, y finalmente, la poligonal que delimita el recinto portuario del Puerto de Guaymas entre la Baliza Muelle Espigón de PEMEX y la Dársena de Ciaboga por el Este, y la Dársena de Ciaboga Terminal de Cruceros y la Terminal de Astilleros por el Oeste, y que permiten delimitar físicamente el AE mediante los parteaguas secundarios y puntos de interacción identificados. Asimismo, se consideraron los rasgos y condiciones ambientales y socioeconómicas existentes dentro del Área de Estudio.

Las condiciones y características que se observan en el Área de Estudio y Área de Operaciones dentro de la microcuenca que conforma el Arroyo de Fátima, permiten definirla como una microcuenca hidrográfica, la cual se delimitó tomando como referencia los parteaguas naturales secundarios, que demarcan el Área de Estudio, y que se conforma por los cauces y escurrimientos superficiales y la línea imaginaria de la poligonal que delimita por su parte Oriente, Poniente y Sur el Recinto Portuario, constituyéndose como microcuenca hidrográfica exorreica.



Figura IV.1.- Relación conceptual entre Área de Estudio Área de Operaciones y Área de Influencia. En este caso el Área de Estudio y la Microcuenca son coincidentes.

El procedimiento empleado para la delimitación del Área de Estudio (AE), mediante la identificación de cuencas, subcuencas, microcuencas o nanocuencas, fue mediante la clasificación propuesta por Horton (1945) modificada por Strahler (1957).

La delimitación del AE bajo el concepto de microcuencas, se realizó mediante la identificación y delimitación de las corrientes o escurrimientos de primer, segundo y tercer orden, tributarios de la microcuenca ya que las microcuencas son unidades representativas al interior de la subcuenca, por lo que presentan un funcionamiento hidrológico similar al resto de las microcuencas que conforman a la Subcuenca y Cuenca Hidrográfica.

Conceptualmente, las microcuencas y nanocuencas son una unidad o subunidad menor al interior de las subcuencas, y su delimitación es la misma que la de las cuencas o subcuencas, aunque estas son las que aportan la mayor carga hidrológica a las subcuencas.

La extensión delimitada para la microcuenca del Arroyo de Fátima, dentro de la cual se localiza el área de manejo de ácido sulfúrico, se determinó con una superficie de 1,180.47 ha, la cual representa el 0.678% de toda la superficie de la Subcuenca A. Guaymas, y el 0.13% de la superficie de la Cuenca del R. Mátape.

Asimismo, se consideraron los aspectos socioeconómicos asociados al manejo de ácido sulfúrico, analizando de manera específica y amplia, la intensidad de los impactos potenciales que la realización de esta actividad ejerce sobre los atributos físico-biológicos y socioeconómicos.

El AO se ubica dentro de la demarcación del municipio de Heroica Guaymas, en la Microcuenca Arroyo de Fátima. El AI se define como aquella directamente afectada por las actividades asociadas al manejo del ácido sulfúrico.

### **Delimitación del Área de Estudio.**

Con apoyo de las Cartas Topográficas G12B11a y G12B11b, en Escala 1:20 000 publicadas por INEGI (2015), con equidistancia entre curvas de nivel cada 10 metros fue delimitada el Área de Estudio, trazándose una línea divisoria entre la microcuenca que integra al Área de Estudio y Área de operaciones de la manera siguiente:

1. Se definió la red de drenaje partiendo de los cauces principales de los escurrimientos que de manera natural drenan por la superficie del área delimitada, incluyendo todas las corrientes.
2. Con el apoyo cartográfico digitalizado y en archivo electrónico en formato DWG de las Cartas Topográficas G12B11a y G12B11b en Escala 1:20 000, se identificaron y ubicaron los puntos altos que están definidos por las curvas de nivel en el plano.
3. Se trazó de manera preliminar una línea divisoria que pasa por los puntos altos definidos, cortando ortogonal o perpendicularmente las curvas de nivel.

4. El trazo definitivo de la línea divisoria se realizó sin cortar los cauces principales identificados.
5. Para el trazo de la línea divisoria, se consideró que cuando la divisoria aumenta su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa, y que cuando la altitud de la divisoria decrece, corta a las curvas de nivel por la parte cóncava.

Finalmente, se comprobó que la divisoria no cortara a los cauces identificados.

Los detalles son:

1. Red de drenaje parte de los cauces principales de los escurrimientos que naturalmente cruzan y drenan por la superficie del predio (Figura IV.2).
- 2.- Identificación y ubicación de los puntos elevados definidos por las curvas de nivel en el plano (Figura IV.3).

Aquí se identificó como elemento que ha propiciado la fragmentación del hábitat, la modificación de la dinámica hidrológica y el efecto barrera, a la carretera y al núcleo poblacional del Puerto de Guaymas. Ambos han sido los principales propiciadores de la fragmentación en los ambientes marino - costero (transportación marítima, acuacultura, turismo y recreación) que se han generado, y que han conllevado a una modificación de la línea de costa, o la alteración del flujo de corrientes como resultado de la construcción y operación del recinto portuario.

- 3.- Trazo preliminar de la línea divisoria que pasa por los puntos elevados definidos cortando ortogonalmente las curvas de nivel; y al sur y parcialmente al Oriente y Poniente, la poligonal que delimita por el Oriente, Poniente y Sur al Recinto Portuario (Figura IV.4).
- 4.- Trazo definitivo de la línea divisoria sin cortar los cauces principales identificados (Figuras IV.5, IV.6 y IV.7).

El trazo de la línea divisoria definitiva se realizó considerando que, cuando la divisoria aumenta su altitud corta a las curvas de nivel por su parte convexa, y que cuando la altitud de la divisoria decrece, corta a las curvas de nivel por la parte cóncava.

La superficie del Área de Estudio delimitada en la microcuenca del Arroyo de Fátima, ambas coinciden según lo descrito, cuenta con una superficie de 1,180.47 ha, se representa en la Figura IV.6, donde se superponen sobre una imagen satelital de Google Earth la poligonal que la comprende y las curvas de nivel con equidistancia a cada 10 metros.

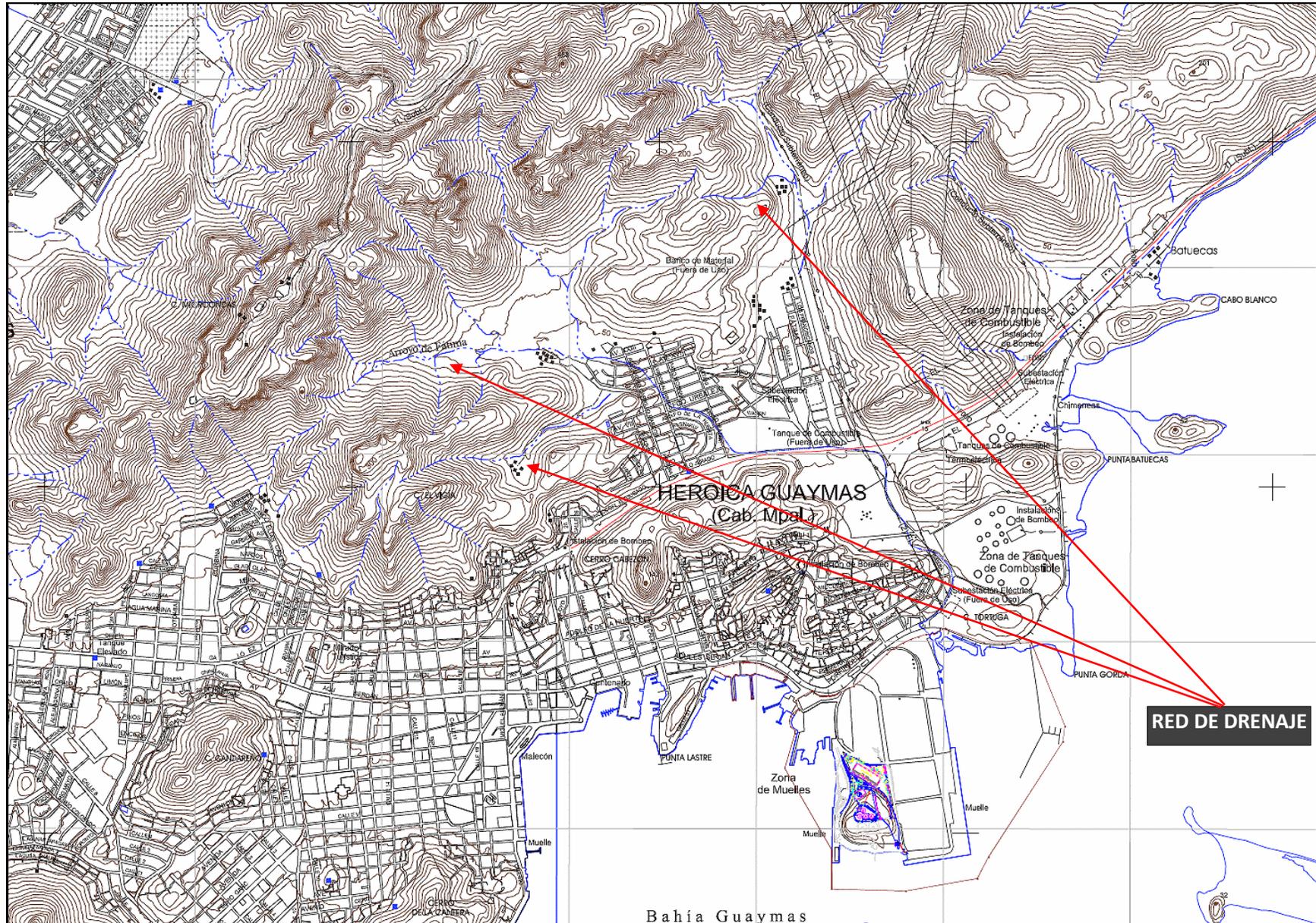


Figura IV.2.- Red de drenaje. Planos topográficos G12B11 a y G12B11 b, Escala 1:20 000 formato DWG.



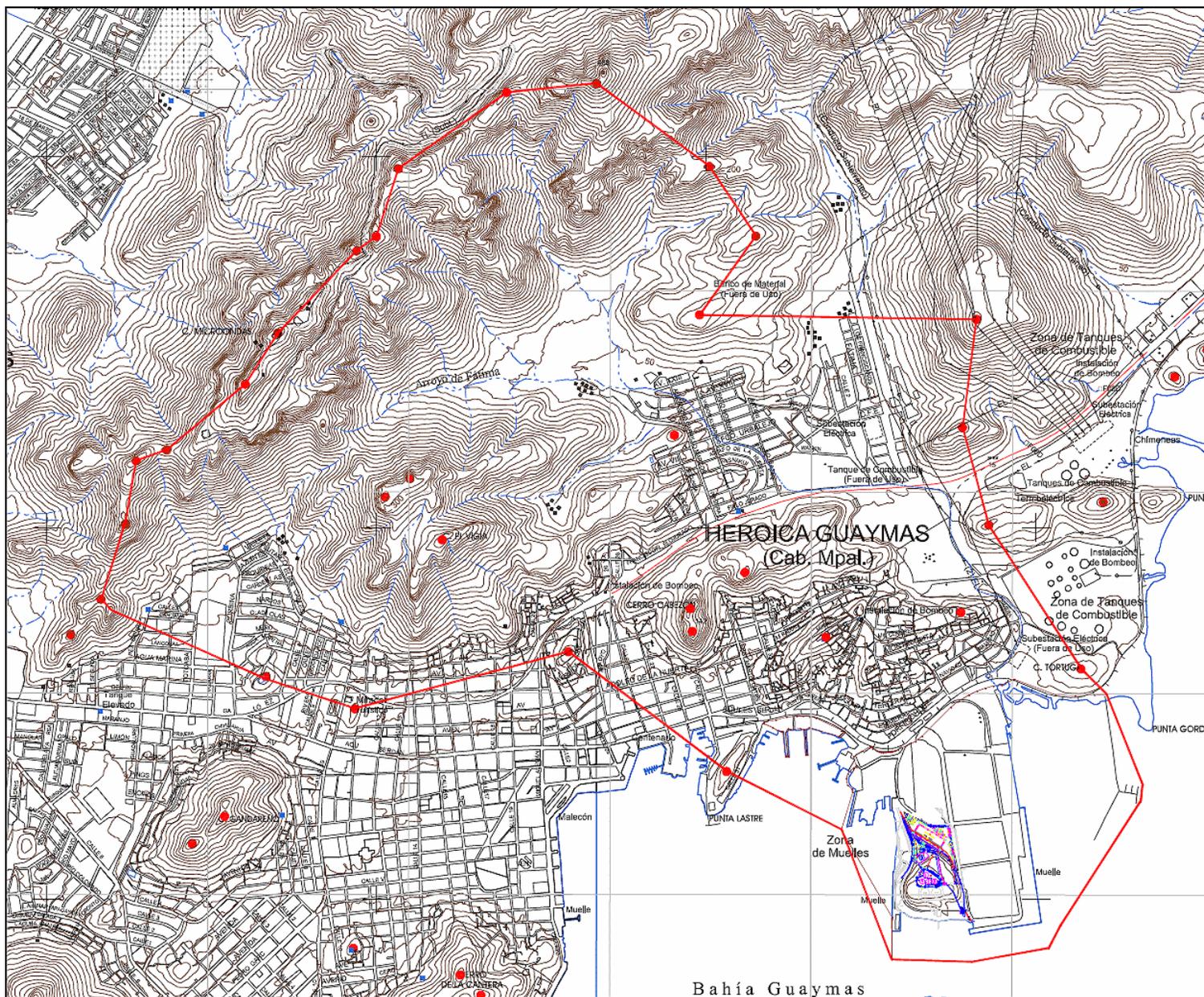


Figura IV.4.- Trazo preliminar de línea divisoria por los puntos altos, Planos topográficos G12B11 a y G12B11 b, Escala 1:20 000 formato DWG.

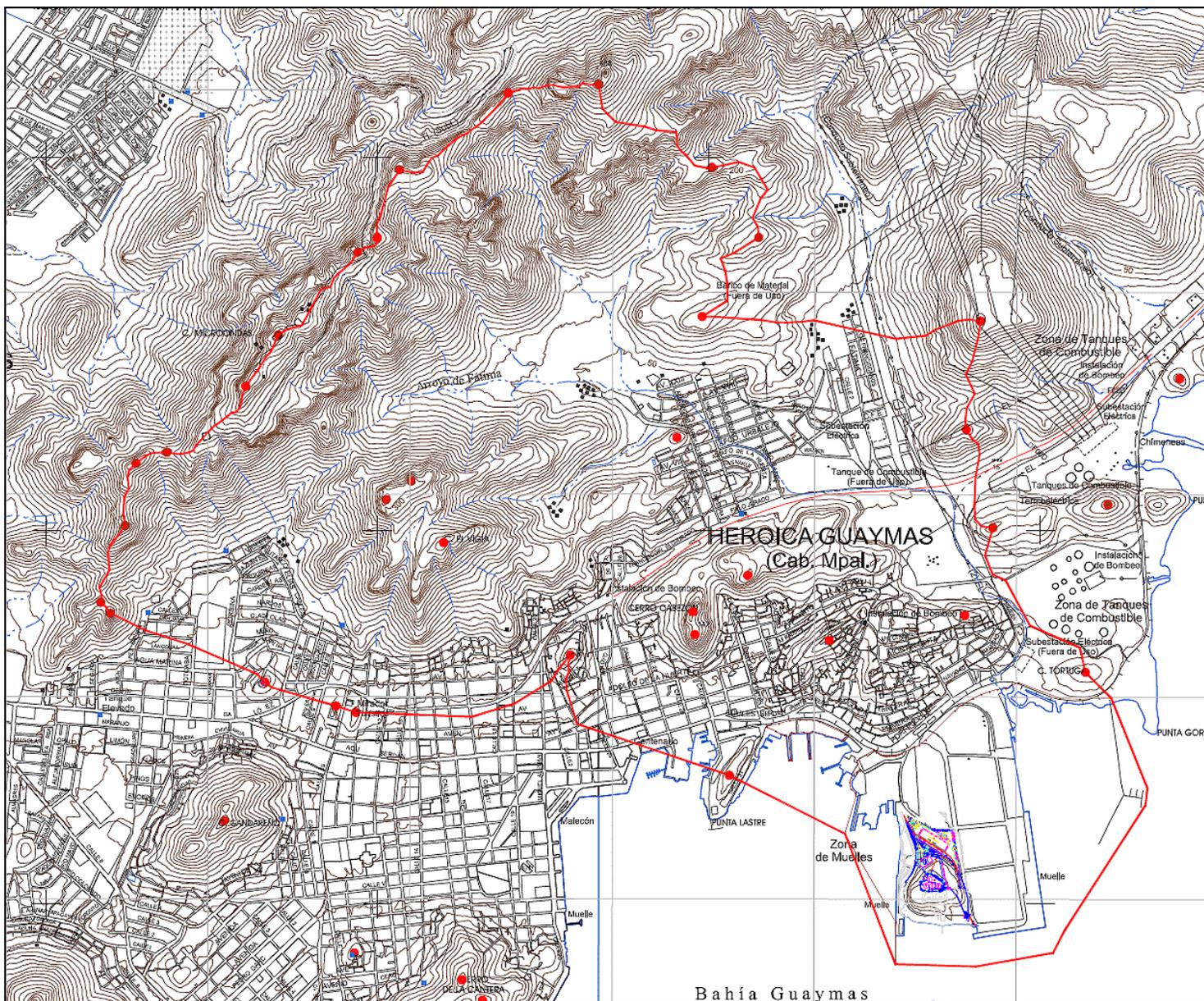


Figura IV.5.- Trazo definitivo línea divisoria por puntos altos. Planos topográficos G12B11 a y G12B11 b, Escala 1:20 000 formato DWG.

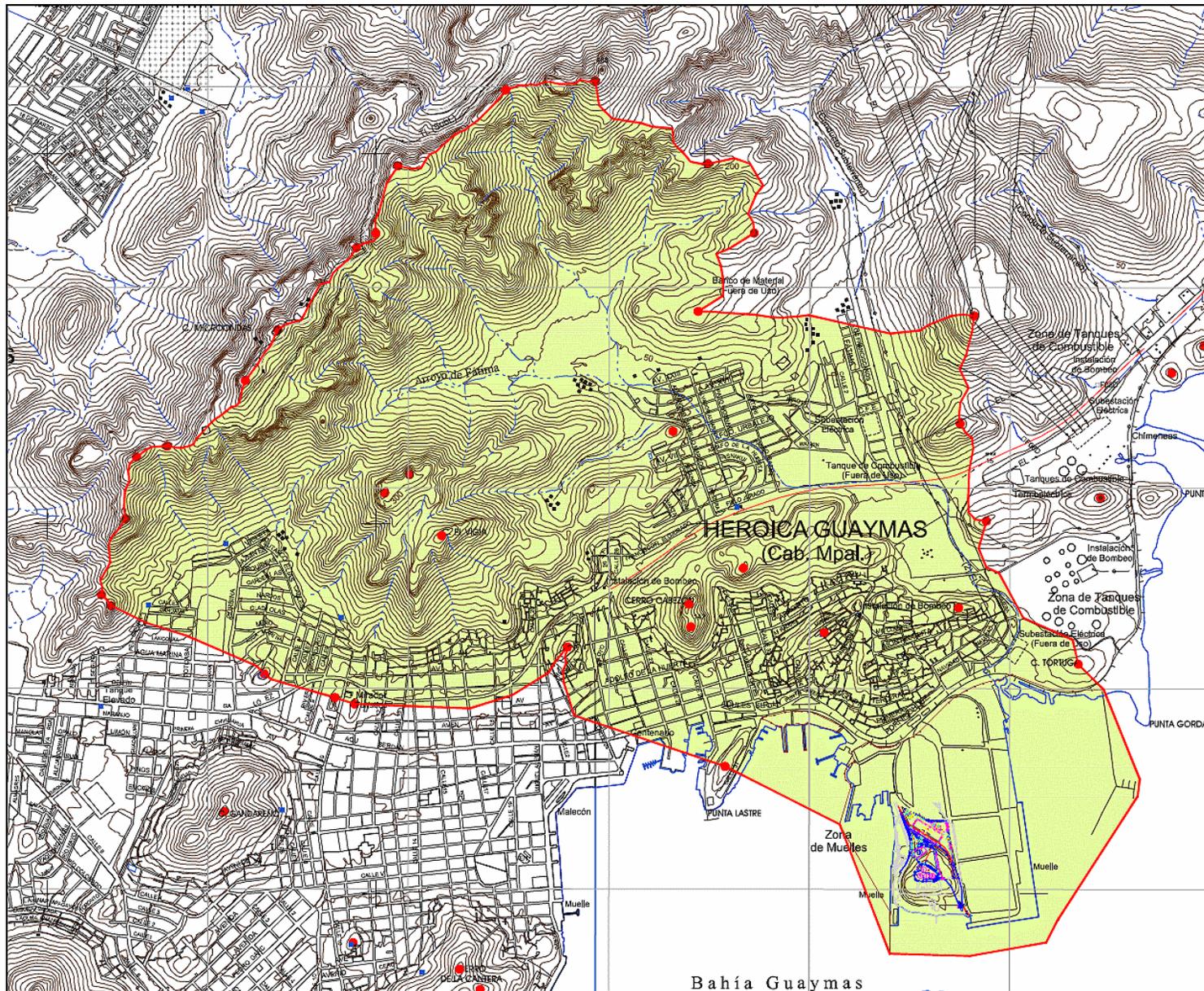


Figura IV.6.- Trazo definitivo línea divisoria por puntos altos. Planos topográficos G12B11 a y G12B11 b, Escala 1:20 000 formato DWG.



Figura IV.7.- Imagen satelital de Google Earth, con sobreposición de curvas de nivel con equidistancia a cada 10 metros, sistema Hidrológico del Arroyo de Fátima, delimitación del Área de Estudio y Área de Operaciones y Área de Influencia. la Recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, Sonora.

## IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental

El municipio de Guaymas se localiza al suroeste del Estado de Sonora, entre los paralelos 27°31' y 28° 38' de latitud norte; los meridianos 110° 03' y 111° 24' de longitud oeste y se encuentra a una altura que va de los 0 y 1 a los 1,100 m.s.n.m. Colinda al norte con el municipio de La Colorada, al este con el municipio de Suaqui Grande, Cajeme y Bácum, al noreste con el municipio de Hermosillo y al suroeste con el Golfo de California, este último en una longitud de litoral de 175 km, y cuenta con una superficie continental de 12,206.18 km<sup>2</sup>, equivalente al 6.58% de la superficie total de Sonora.

La cabecera municipal y ciudad portuaria de Guaymas se encuentra ubicada en la zona costera del municipio, en torno a la Bahía del mismo nombre y sobre parte de la península también denominada de Guaymas.

### IV.2.1 Aspectos abióticos

#### a) Clima

Dentro del municipio de Guaymas se identifican 5 clasificaciones climáticas, su caracterización, la superficie que abarcan y el área en donde se identifican dentro del territorio, son:

- ⊕ **BW(h')w**, se caracteriza por ser un clima muy árido, semicálido, con lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual. Abarca el 53.78% de la superficie territorial y se identifica en la porción central y sureste del territorio, en la parte de la sierra Santa Úrsula y La Ventana, así como parte de la sierra El Bacatete.
- ⊕ **BSo(h')w**, este tipo de clima es el segundo en predominancia en el municipio, es árido, cálido con lluvias en verano del 5 al 10.2% anual, abarca el 14.86% del municipio y se extiende sobre la parte sur del Valle Agua Caliente, entre la sierra El Bacatete y el límite este del municipio.
- ⊕ **BW(h')(x')**, este clima se define como árido, cálido con lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual, abarca el 12.49% del territorio y se extiende sobre la parte norte del valle de San José, así como sobre algunos valles intermontanos de la sierra El Aguaje.
- ⊕ **BSo(h')(x')**, este clima es el cuarto predominante en el municipio, se caracteriza por ser árido, cálido con lluvias de verano del 5 al 10.2% anual, se encuentra presente en el 9.62% del municipio, abarcando la parte norte del Valle Agua Caliente, área en donde se encuentra la presa Punta de Agua.
- ⊕ **BWh(x')**, este clima se define como muy árido, semicálido con lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual, abarca el 8.36% del municipio y se extiende sobre la sierra La Ventana y sierra Libre, así como en la zona costera de la sierra El Aguaje.

De manera particular y conforme a la clasificación climática de Köppen, modificada por E. García (1988) y de acuerdo con el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), el clima dentro del Área de Estudio (AE) en el municipio de Guaymas, es el tipo **BW(h')w**, cuya descripción es: Clima muy árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C,

temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (Figura IV.8).

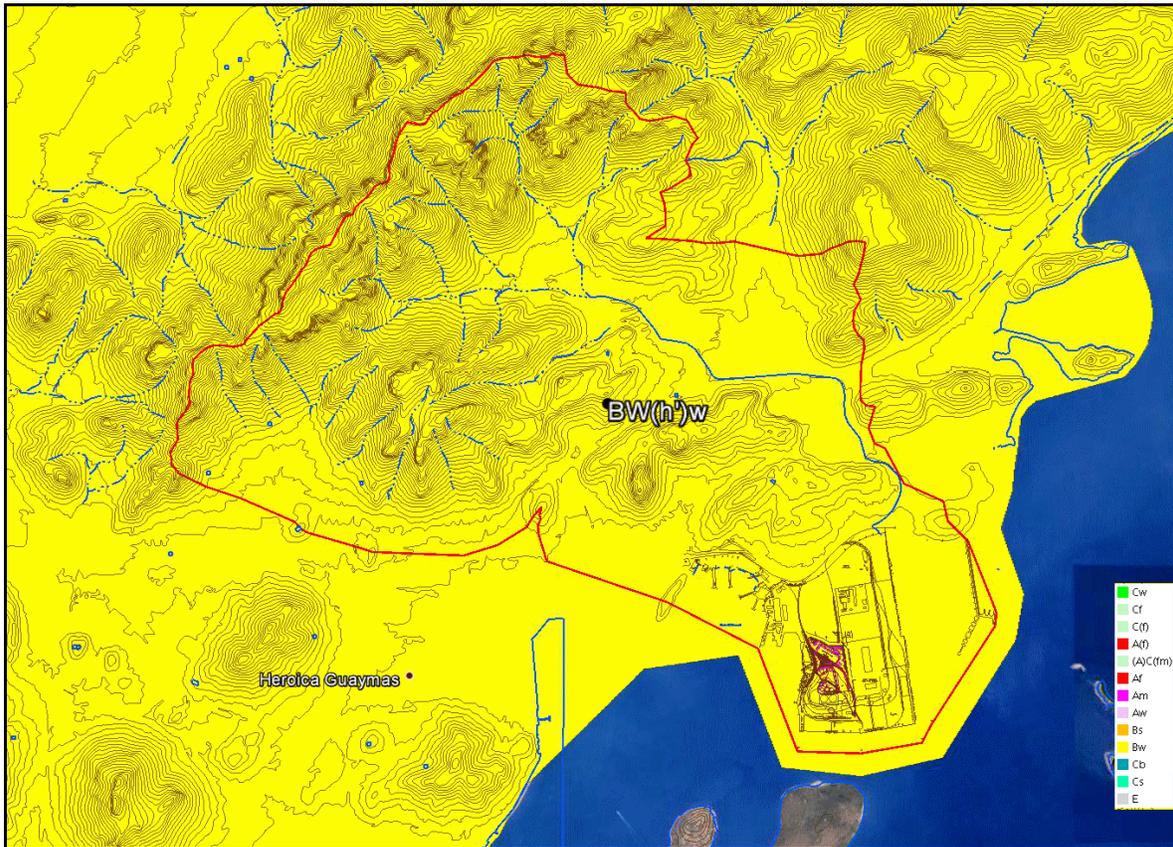


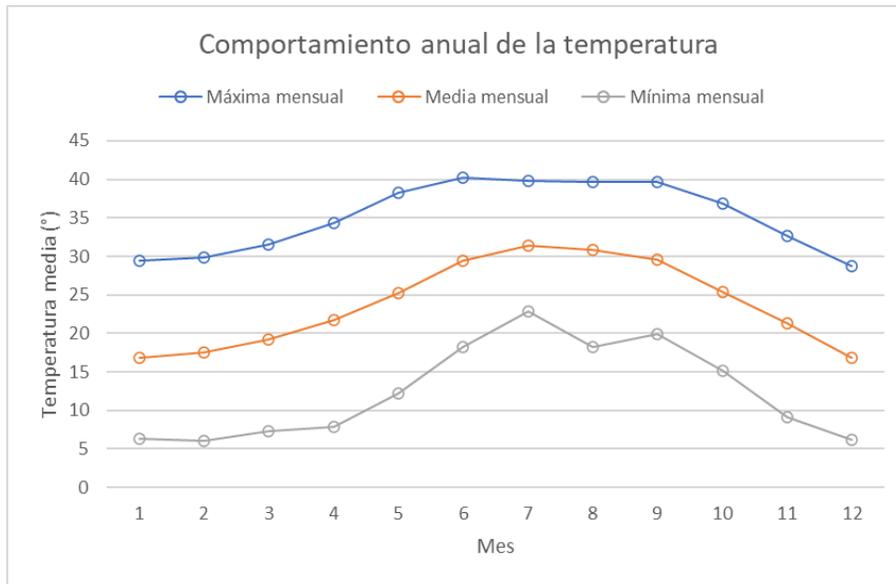
Figura IV.8.- Tipo de clima en el área de estudio (AE).

Los datos climáticos que se presentan han sido tomados de las Normales Climatológicas publicadas por CONAGUA para el periodo 1951-2010 (Anexo 2).

### Temperatura

La temperatura promedio anual conforme a la Estación Meteorológica 26177 Francisco (FFCC), la más cercana al lugar, es de 23.8°C, con temperaturas mínimas durante los meses de enero y diciembre con una media de 15.1°C y temperaturas máximas durante los meses de marzo a junio de hasta 32.5°C. La Gráfica IV.1, muestra las temperaturas medias anuales.

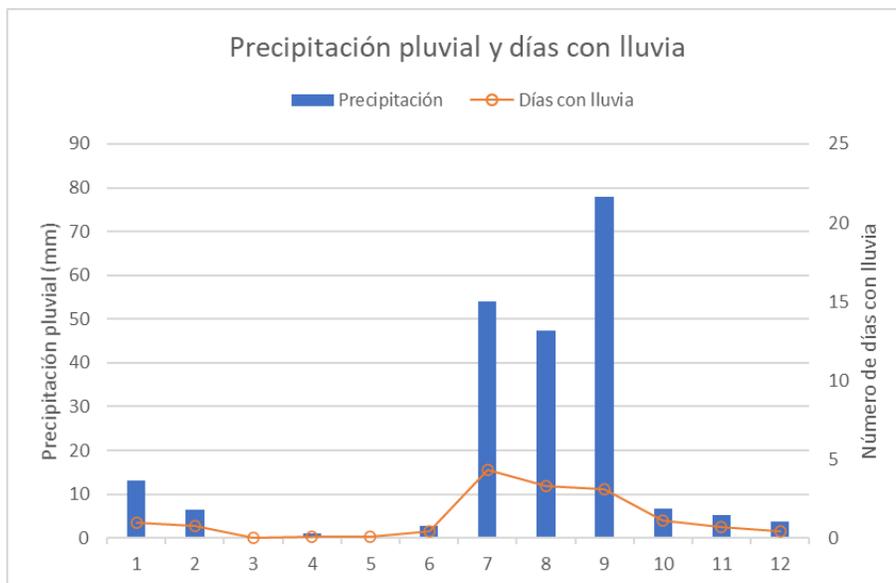
Las temperaturas mínimas extremas ocurren de diciembre a febrero, con registros de hasta 0.0°C; en cuanto a las temperaturas máximas extremas, se manifiestan en julio y en agosto, con registros de hasta 46°C.



Gráfica IV.1.- Termométrica de temperaturas medias anuales Registradas en la estación meteorológica 26177 Francisco (FFCC)

**Precipitación promedio anual.**

La precipitación promedio anual durante los años de registro es de 218.6 mm con variaciones que oscilan entre los 20 y 30 mm. Las precipitaciones máximas ocurren durante los meses de julio a septiembre con registros hasta 180 mm. Ver Gráfica IV.2. La temporada de lluvias empieza en julio con precipitaciones promedio de 50 a 60 mm y termina en los meses de septiembre/octubre. Los meses más lluviosos son julio a septiembre para la estación Francisco. Si bien se tienen lluvias todos los meses del año, las mayores precipitaciones se registran durante los meses de verano y lluvias moderadas en los meses de octubre a enero. En los últimos años se han registrado precipitaciones medias anuales más altas, con reportes de hasta 638.3 mm.



Gráfica IV.2.- Precipitación media anual y días con lluvia, registrados En la estación meteorológica 26177 Francisco (FFCC)

**Viento:** La rosa de vientos para la Terminal Marítima de Guaymas, fue obtenida de una base de datos anual de 2016 con registros horarios, a partir del sistema MM5<sup>1</sup>. En la Figura IV.9 se ilustra la rosa de vientos, donde se observa que las direcciones predominantes del viento incidente son del oeste y del noroeste, ambas presentan frecuencia anual del 23.5%, es decir, casi la mitad del año el viento proviene de estas dos direcciones, también el viento de mayor intensidad (velocidad) se encuentra frecuentemente asociado a estas dos direcciones.

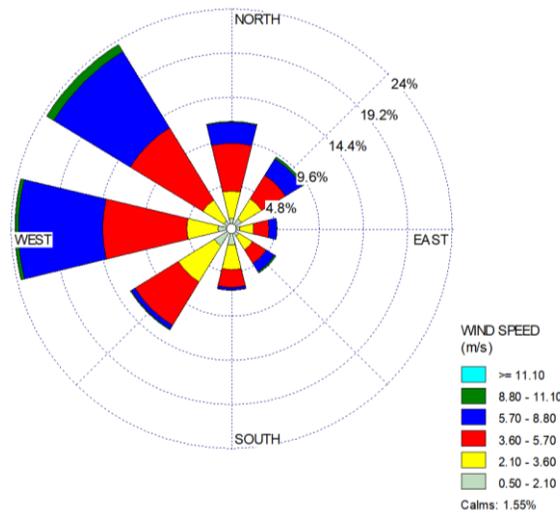


Figura IV.9.- Rosa de vientos para la Terminal Guaymas, Son. Elaborada con datos de un año completo.

La relación de la lluvia con el viento se ilustra en la Figura IV.10. Donde se observa que la lluvia se encuentra asociada con el viento incidente de los sectores comprendidos entre el sureste y el oeste, siendo los de mayor frecuencia el sureste, el suroeste y el sur. Es decir, lo más probable es que la lluvia se presente cuando el viento incide desde estas direcciones. De acuerdo con los datos meteorológicos, los valores promedio anuales son: velocidad del viento es 4.44 m/s, frecuencia de calmas es 1.55 %, la frecuencia de horas sin lluvia es 98.10 % y, la precipitación pluvial promedio es 0.02 mm/h.

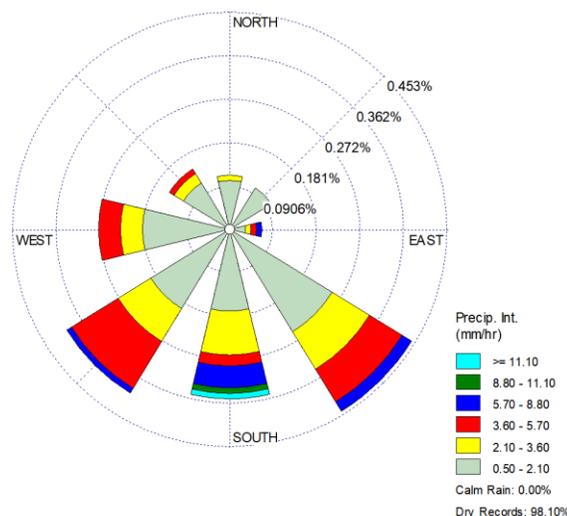


Figura IV.10.- Rosa de lluvia para la Terminal Guaymas, Son. Relaciona la lluvia con el viento.

<sup>1</sup> Mesoscale Model Version 5. Pennsylvania State University.

**Días con niebla:** El registro de días con niebla se tiene en la mayor parte de las estaciones meteorológicas, destacando la estación 4P6 Guaymas que ha registrado días con esta condición en todos los meses del año, y con mayor frecuencia en diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo.

**Días con granizo:** Los días con granizo se presentan también durante estas mismas fechas y principalmente en las estaciones ubicadas al norte del municipio la Misa y las dos estaciones de la Presa Punta de Agua, las cuales son las de mayor altitud.

**Tormentas eléctricas:** En cuanto a tormentas eléctricas, éstas se tienen principalmente en el verano en: junio, julio, agosto y septiembre, extendiéndose hasta octubre. El mayor número de días con tormentas eléctricas se presentan en las zonas más altas registradas, correspondientes a las estaciones Punta de Agua, las cuales se ubican a 250 msnm.

#### **Humedad y evaporación relativa.**

Los valores porcentuales de humedad relativa varían de 19 a 92%, el promedio es 54%.

El período más húmedo del año dura 5.3 meses, de mayo a octubre, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 25 % del tiempo. El día más húmedo del año registra humedad del 98 %. El día menos húmedo del año ocurre en enero, con 1 %. Respecto a los reportes de evaporación, los registros en la estación Buenos Aires Guaymas (CESAVE), reporta para el periodo de 2013 a 2016, un valor medio anual mayor a los 1,900 mm con una mayor evaporación en junio y julio.

El Balance hídrico reportado por Vega G. (2000) durante un periodo de 14 años, indica valores de precipitación total de 274.01 mm; temperatura promedio de 24.6°C y evaporación total promedio de 2,103.94 mm, lo que se traduce en un déficit hídrico de 1,830 mm anuales.

#### **Intemperismos severos.**

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional, en Sonora se han registrado fenómenos ciclónicos que lo han afectado directamente, ya sea porque han tocado tierra o porque se acercaron a una distancia aproximada de 100 km de las costas sonorenses.

En el análisis de las trayectorias de los ciclones, han sido tres los que han tocado tierra en las costas del municipio: Henriette, Jimena, y Geprgette.

El huracán Georgette incidió en el 2010, mientras que en el 2007 lo hizo Henriette tocando tierra como Huracán categoría 1. El que tuvo mayores afectaciones en toda la región y en particular en Guaymas, fue Jimena en 2009, que a pesar de haber descendido a la categoría de Depresión Tropical antes de tocar tierra sonorenses, y que no impactó directamente en el municipio, causó fuertes precipitaciones, rompiendo el récord histórico estatal. Las precipitaciones registradas alcanzaron los 515 mm/24h, de acuerdo con información del Servicio Meteorológico Nacional (2009).

Conforme a datos del CENAPRED (2012), se presenta el grado de peligro por la presencia de ciclones tropicales en el municipio de Guaymas con una baja posibilidad de afectación por estos eventos.

**b) Geomorfología y Geología.**

**Geomorfología.**

Conforme a la Regionalización Fisiográfica desarrollada por Erwin Raisz (1964), el AE se localiza en la Provincia Fisiográfica de Sierras Sepultadas, que se caracteriza por presentar sierras con orientación NW-SE, las cuales limitan valles rellenos por potentes espesores de conglomerados mal consolidados y material aluvial, producto de la tectónica distensiva del Terciario Medio que afectó al NW de México.

Conforme a la regionalización fisiográfica publicada por INEGI, el estado de Sonora (Figura IV.11) incluye cuatro provincias fisiográficas, denominadas como: Provincia de Sierras Sepultadas, Provincia Sierra Madre Occidental, Provincia Llanura Sonorense, Provincia de Sierras y Llanuras del Norte, y la Provincia de la Llanura Costera del Pacífico (CRM, 1994). Fisiográficamente el Área de Estudio se ubica dentro de la Provincia Llanura Sonorense y en la Subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses; sin embargo, otros autores por la magnitud de la provincia y apoyándose en la división de cuencas hidrológicas la subdividen en tres subprovincias hidrológicas, siendo la Subprovincia hidrológica Valle de Guaymas, dentro de la cual se ubica el AE.

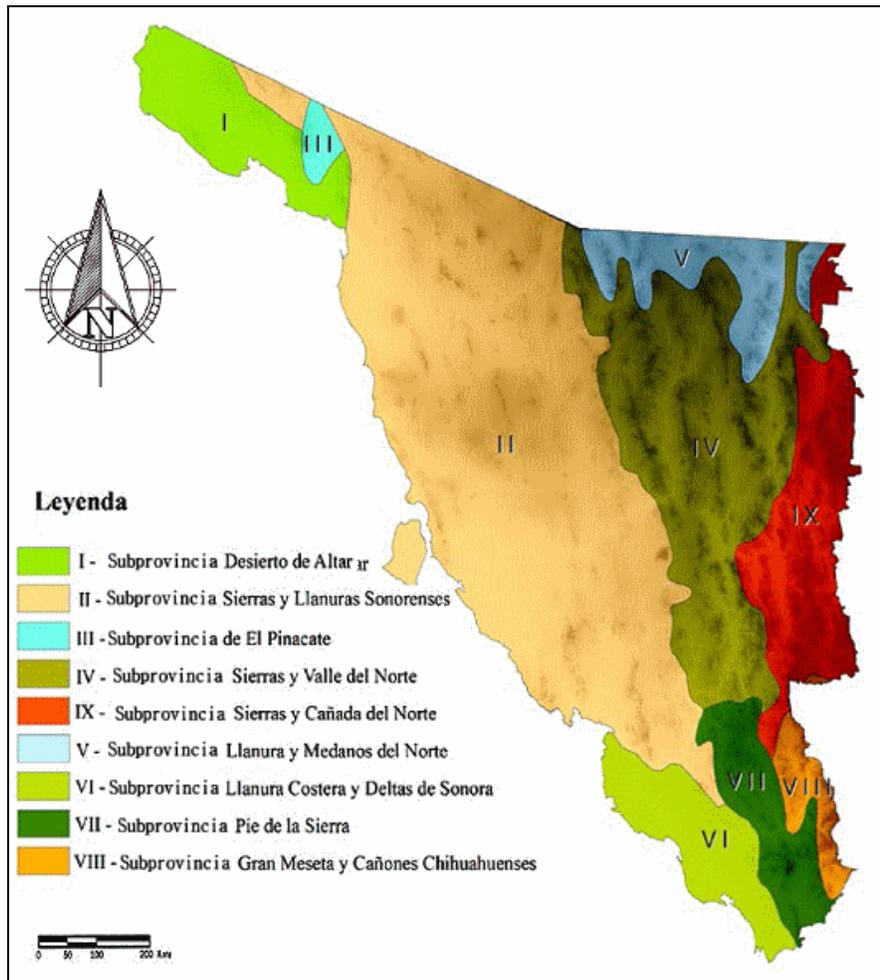


Figura IV.11.- Subprovincias fisiográficas de Sonora (Modificado de Raisz, 1964)

La Provincia Llanura Sonorense la constituye toda la llanura sonorense desde la frontera con los Estados Unidos hasta la Sierra Bacatete al Sureste de Empalme Sonora. Esta provincia se ve surcada por pequeñas sierras no alterando su integración. El límite Oriental lo constituye el pie de la Sierra Madre y el Occidental el Mar de Cortes.

La Subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses, está formada de sierras bajas separadas por llanuras. Tales sierras son más elevadas (700 a 1 400 msnm) y más estrechas (rara vez más de 6 km de ancho) en el oriente; y más bajas (de 700 msnm o menos) y más amplias (de 13 a 24 km) en el occidente.

Casi en todos los casos las sierras son más angostas que las llanuras y su espaciamento es tal, que nunca quedan fuera de la vista. En ellas predominan rocas ígneas intrusivas ácidas, aunque también son importantes, particularmente en la parte central de la subprovincia, rocas lávicas, metamórficas, calizas antiguas y conglomerados del Terciario. Las pendientes son bastante abruptas, siendo frecuentes las mayores de 45 grados, especialmente en las rocas intrusivas, lávicas y metamórficas; en tanto que las menores a 20 grados son raras. En general, las cimas son almenadas, es decir, dentadas. Los arroyos que drenan esta región efectúan una fuerte erosión produciendo espolones laterales que se proyectan en las llanuras.

La Subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses, abarca el 74.26% del municipio, extendiéndose desde el norte y noroeste del territorio hasta el estero Las Guásimas, al sur de Guaymas, y hasta la Sierra El Bacatete al Este del municipio. Esta región se compone por extensas áreas planas separadas entre sí por sierras bajas, las que están cubiertas, en la mayor parte o en toda su extensión, de amplios abanicos aluviales que descienden con pendientes suaves desde las sierras colindantes. Dentro de esta subprovincia destacan dos valles por su importancia: el Valle de Guaymas y el Valle de San José de Guaymas. El primero inicia a la altura de la presa Ignacio R. Alatorre ("Punta de Agua") al norte del municipio y mantiene una orientación Norte - Sur con una pendiente hacia el mar. Este valle se forma longitudinalmente a las márgenes del Río Mátape y limita al norte, en su porción occidental, con la Sierra San Antonio y en su porción oriental con la Sierra Verde, al Sur atraviesa totalmente el municipio de Empalme hasta el límite costero. A la altura de la presa Punta de Agua, la forma de este valle es modificada por la Sierra El Bacatete, la que provoca su división, generando el Valle de Guaymas al occidente por donde discurre el río Mátape, conocido en esta porción como San Marcial; y el Valle del arroyo Agua Caliente hacia el oriente.

La subprovincia hidrológica Valle de Guaymas es la más austral de esta gran provincia, localizada fisiográficamente entre las sierras Bacatete, Libre, Zapo y otras que aprisionan la red que forma el arroyo "Del Valle de Guaymas". Presenta una topografía ondulada y el clima continúa siendo seco con temperaturas muy altas la mayor parte del año. El arroyo "del Valle de Guaymas" es la única corriente superficial importante, además de los mantos de agua subterránea que se utilizan en la agricultura regional. Esta Subprovincia es el primer recodo que forma la costa Sonorense, y están localizadas las poblaciones de Guaymas y Empalme, centros urbanos relevantes siendo el primero un puerto de gran importancia económica, ya que enlaza todo el centro occidente de Sonora mediante las exportaciones que realiza a través de sus instalaciones, así como por la concentración de flotas pesqueras.

El Valle de Guaymas se caracteriza por poseer terrenos fértiles en las márgenes del río y llanuras abiertas. A medida que se aproxima a la costa va adquiriendo mayor extensión hasta terminar en

la franja costera. Gran parte de las localidades rurales más importantes del territorio se encuentran distribuidas en este valle y sus orígenes están estrechamente ligados al desarrollo de prácticas tradicionales de producción.

El segundo valle de esta subprovincia, denominado San José de Guaymas, se encuentra al oeste del valle de Guaymas separado por la Sierra Santa Úrsula y La Ventana y limitado por la sierra El Aguaje. La explotación productiva de este valle es menor que en el antes mencionado y se concentra únicamente en las zonas cercanas al Centro de Población de Guaymas.

La zona costera de esta subprovincia limita al sur con el Golfo de California o Mar de Cortés, desde la Ensenada Las Cocinas al noreste, hasta Punta Calaveras. La porción central del litoral está representada por el municipio de Empalme, el que forma un intersticio territorial dentro de los límites jurisdiccionales de Guaymas. Sobre la península del mismo nombre, se encuentra el núcleo urbano más importante del municipio el que corresponde a la cabecera municipal; así como San Carlos Nuevo Guaymas, localidad que, en conjunto con la ciudad antes mencionada y Empalme, conforma la zona conurbada Guaymas - Empalme - San Carlos, destacada regionalmente por su dinamismo y jerarquía.

El Área de Operaciones, se localiza dentro de los límites de la zona urbana, en un área de planicie costera, no obstante, poco antes de la costa se conserva una prominencia interior denominada cerro La Ardilla, cuya altitud sobre el nivel del mar es 20 m.

### **Geología.**

La secuencia estratigráfica de las rocas que afloran en la cuenca del Río Mátape y en el AE, consisten en aluviones del cuaternario Q (al), que constituyen las zonas casi planas donde se asienta la ciudad de Guaymas. Son también importantes las asociaciones de Riolitas -Tobas ácidas del terciario y los Basaltos del Cuaternario, que se encuentran constituyendo las principales sierras. Esta secuencia estratigráfica, forman una columna cuyas edades abarcan desde el Mesozoico hasta el Reciente, formada por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Las unidades de rocas mesozoicas que afloran corresponden a la parte final de la Era Mesozoica, es decir, quedan ubicadas en el período Cretácico. Dentro de este período, a la parte inferior corresponden probablemente las rocas intrusivas y a la parte superior las extrusivas.

En el municipio de Heroica Guaymas, las rocas de granito son las de mayor antigüedad, ya que su edad se remonta probablemente a principios del período Cretácico. Los actuales afloramientos expuestos, representan el remanente de erosión de colosales masas que intrusieron a sedimentos paleozoicos. Estas enormes masas, fueron primeramente falladas y después sujetas a un intenso tectonismo que produjo la formación de bloques. La erosión de épocas posteriores redujo a formas menores su expresión morfológica y más tarde, las rocas extrusivas cubrieron la mayor parte de ellas.

Las rocas correspondientes al período Terciario están representadas por rocas ígneas y sedimentarias. Por lo que respecta a las rocas ígneas, éstas son de tipo extrusivo ya que este período es característico en la provincia de la Sierra Madre Occidental de una fuerte actividad volcánica que formó importantes sierras y cordilleras. Estas grandes estructuras están formadas de lavas ácidas y básicas con sus correspondientes emisiones de piroclásticos que ocupan extensas

superficies. Las rocas sedimentarias de este período corresponden a conglomerados continentales producto de la erosión de las extrusivas anteriores.

Entre los derrames volcánicos, las rocas Andesitas, Riolitas y Alternancia de Tobas y Derrames Basálticoandesíticos, estando distribuidas en ella de la siguiente forma: en la porción occidental se encuentran formando la parte alta de la Sierra de la Ventana, La Sierra de Santa Úrsula, la Sierra de la Pasión, la Sierra de la Perinola al Oeste del Valle de San José de Guaymas, el Cerro del Vigía al Norte de la Ciudad de Guaymas, el Cerro Picacho de San Rafael y los Cabos e islas situados al Sur de la misma.

En la porción Oriental de la Cuenca del Valle de Guaymas, estas rocas forman la mayor parte de la Sierra del Bacatete, la cual separa este valle del de Agua Caliente. En el Sur de esta sierra, se encuentran cubiertas parcialmente por derrames basálticos y tobas pumíticas, estando expuestas solamente en las partes más altas. Hacia el Norte, los afloramientos de este grupo se continúan hasta la Presa Punta de Agua, constituyendo la estribación Norte de este importante macizo del Bacatete. Las rocas pertenecientes a este grupo muestran un sistema de fallas y fracturas, cuyo rumbo preferencial es Norte-Sur. Los planos de pseudoestratificación o inclinación de los derrames están inclinados hacia el valle de la Sierra del Bacatete, en tanto que en la porción Occidental en las Sierras de Santa Úrsula y La Ventana o Venada buzan hacia el Valle de San José.

Los afloramientos de Tobas pumíticas y aluviales con intercalaciones de caliche, depósitos de origen volcánico y aluvial, se encuentran predominantemente distribuidos en la parte occidental del municipio de Guaymas. Al Oeste del Valle de San José de Guaymas, en la falda de la Sierra de la Perinola y fuertemente disectados por arroyos, se encuentran expuestos estos depósitos cubriendo a rocas andesíticas y en discordancia erosional a los granitos Cretácicos.

Las lavas basálticas representan la última manifestación volcánica del Terciario. La edad de estas erosiones de acuerdo con la posición estratigráfica que guardan con respecto a los depósitos marinos del Mioceno que le sobreyacen, puede situarse en el Oligoceno. Su mayor área de afloramientos está situada al Sur de la Sierra del Bacatete, donde cubren en forma de delgadas mesetas las lavas Terciarias andesíticas y tobáceas.

Al ocurrir en la época del Mioceno, la inmersión del área debido al asentamiento de grandes bloques, se formó la depresión estructural que fue ocupada por depósitos marinos y después continentales que cubren con grandes espesores al Basalto Terciario. El basalto se presenta en todos los afloramientos de color negro, vesicular y muy fracturado, buzando preferentemente hacia los Valles de Guaymas.

Dentro del Cuaternario se tienen a los boleos, gravas, arenas, limos y arcillas, unidad que constituye, desde el punto de vista geohidrológico, la unidad geológica más importante, ya que en ella se aloja el principal sistema acuífero de la cuenca del Río Mátape.

Los sedimentos correspondientes a este período se encuentran formando la mayor superficie de afloramientos. Consisten en sedimentos clásicos no consolidados, como boleos, gravas, arenas, arcillas y limos, derivados de las formaciones geológicas preexistentes que han sido erosionadas, siendo transportados y depositados por corrientes fluviales en las antiguas depresiones que actualmente constituyen las calles de Guaymas y San José, forman por tanto la planicie aluvial y fluvial de la cuenca, pudiéndose distinguir en ella, diversas estructuras secundarias.

La disposición de estos materiales se inició en el Pleistoceno y continúa en el Reciente, habiéndose acumulado en este tiempo espesores promedio de 160 metros. La distribución de estos materiales en el subsuelo consiste en arenas, gravas, arcillas y horizontes de caliche en capas interdigitadas, la mayoría de las cuales, no muestran continuidad horizontal, a causa de los diversos medios ambientes de depósito que han prevalecido del Pleistoceno al Reciente (Figuras IV.12 y IV.13).

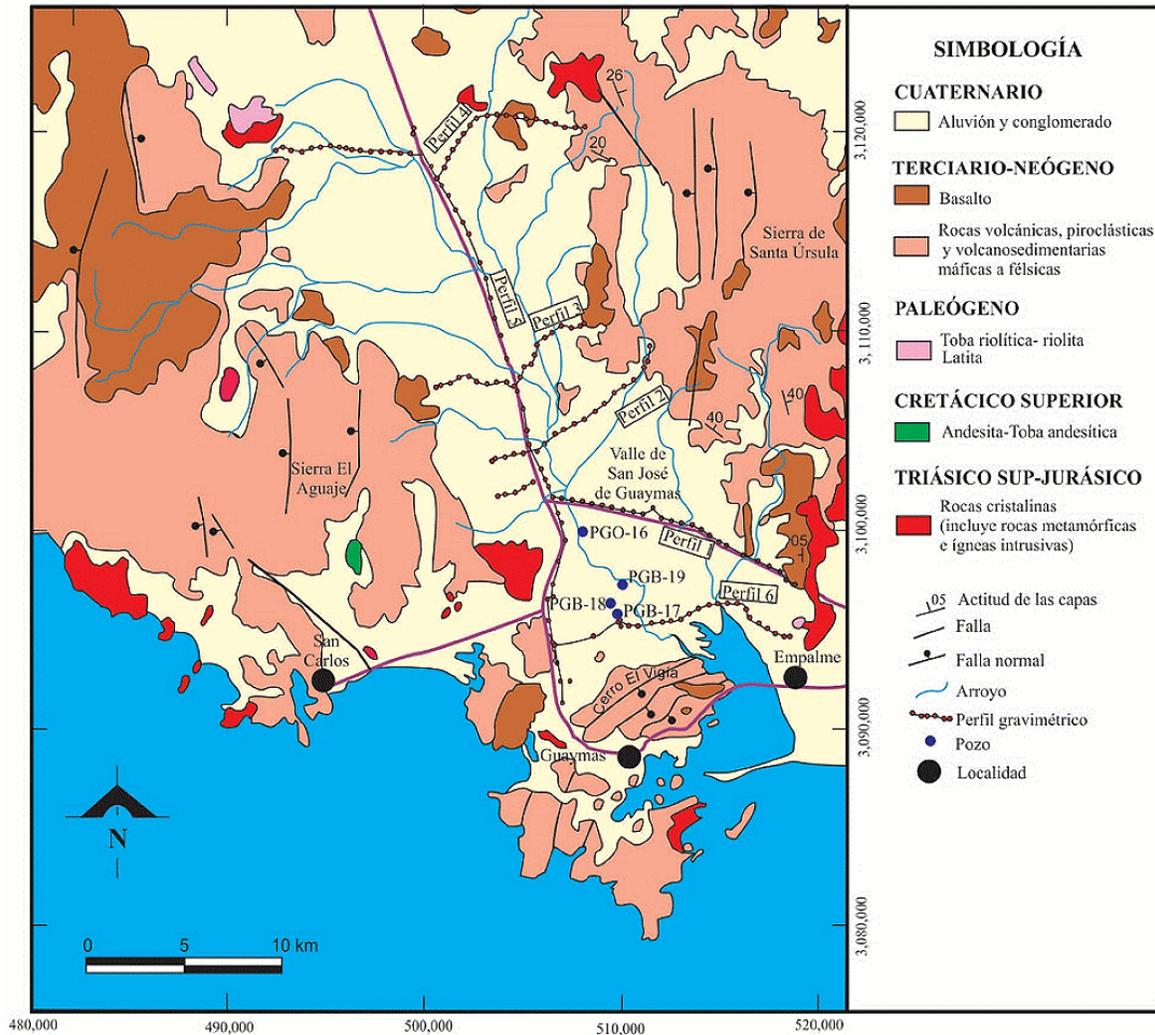


Figura IV.12.- Geología del Valle de Guaymas (modificado de Peña-Leal et al., 2000)

### Fallas y Fracturas

Las fallas y fracturas que se identifican en el municipio de Guaymas se localizan en su mayoría en las elevaciones presentes en el territorio, como es el caso de la Sierra El Aguaje, La Sierra La Ventana – Santa Úrsula y la Sierra del Bacatete. (Figura IV.14)

De acuerdo Vega Granillo, et al., las estructuras más importantes corresponden a fallas normales y de desplazamiento lateral asociadas con eventos distensivos o de deslizamiento extensional. En la ciudad de Guaymas se identifican varias estructuras, destacan las semicirculares asociadas a eventos magmáticos que se encuentran en el cerro el Vigía. Éstas parecen continuar hasta los cerros Lomas de Cortés y El Potrerito.

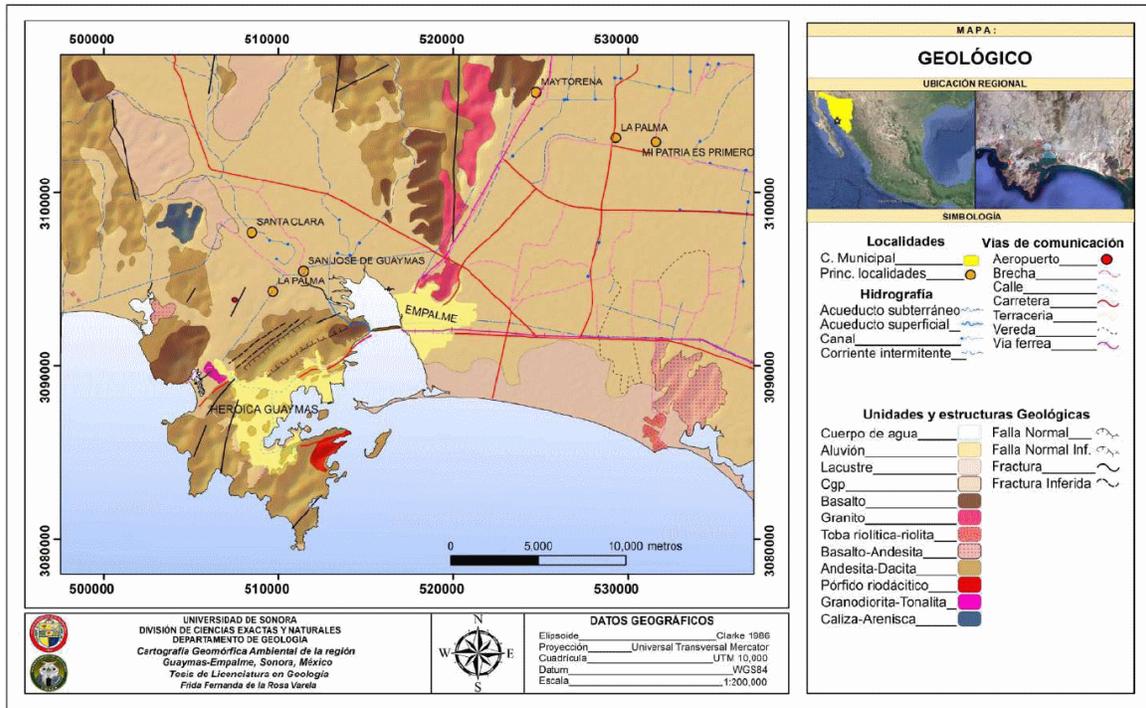


Figura IV.13.- Geología Ambiental de la Región Guaymas – Empalme, Sonora

Debido a la distribución de las rocas y sus actitudes, se interpreta que la estructura semicircular es de tipo caldera, la cual sería asimétrica con elongación aproximada de 45° NE. Una parte de esta estructura no aflora al ser cortada por fallas posteriores con rumbo aproximado NW 50° o nortesur. Los rumbos de las fallas en el cerro el Vigía varían de 70° NE en el oriente, hasta 30° NE en la parte poniente. Se trata de una serie de fallas paralelas cóncavas hacia la ciudad de Guaymas, lo que indica que los bloques caen hacia el sureste.

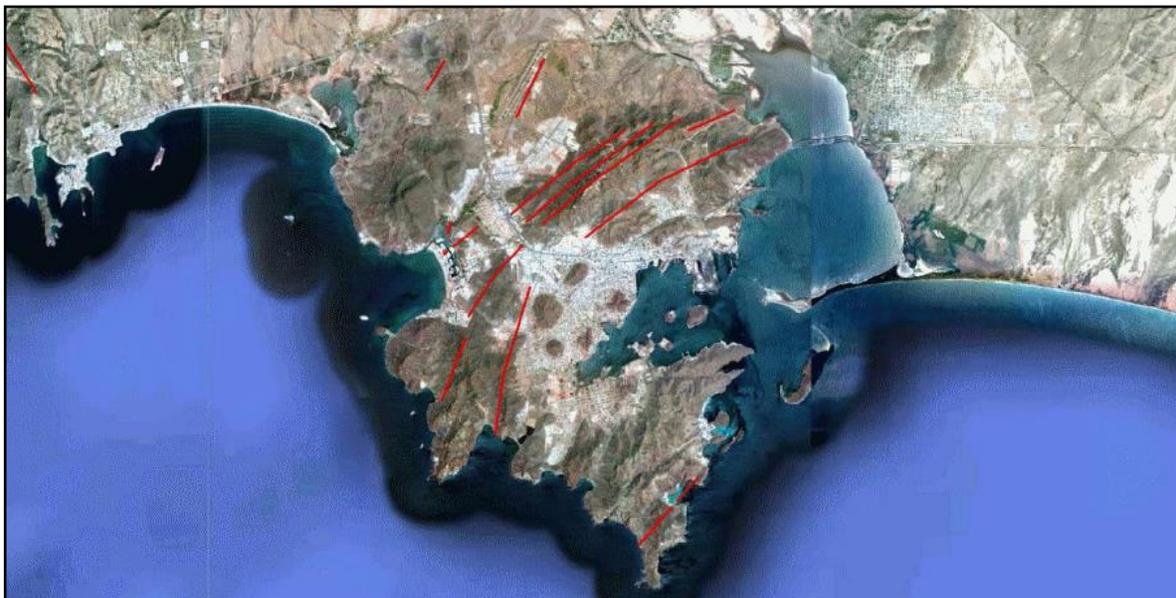


Figura IV.14. Fallas identificadas en las elevaciones contenidas en la ciudad de Guaymas.

### c) Suelos

En el territorio del municipio de Guaymas se identifican nueve tipos diferentes de suelo, así como una zona clasificada como urbana, correspondiente al área en donde se encuentra la ciudad de H. Guaymas, superficie que representa el 0.09% del municipio.

Con base en la Carta Edafológica escala 1:250 000 (INEGI, 2000), y la clasificación de la FAO-UNESCO, las unidades de suelo presente en el Área de Estudio y en el área de Operaciones presentan una composición compleja, dominada por unidades identificadas como suelo primario Leptosol lítico, como suelo secundario Leptosol eútrico y como suelo terciario Regosol léptico con escasa pedregosidad, con la siguiente Clave Edafológica LPskli + Lpetsk + RGsklep/1R (Figuras IV.15 y IV.16).



Figura IV.15.- Carta edafológica Heroica Guaymas G12 – 2 Serie II, Escala 1:250 000 (2013)  
Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (1999).

Los suelos Leptosol, se distribuyen en los cerros que limitan el AE y en sus laderas. Bajando los cerros, parcialmente ocupando por la zona urbana e industrial, se encuentran los Regosoles, los cuales también se presentan al norte del Cerro El Vigía. Los Leptosoles (del griego leptos, delgado), se conocen en otras clasificaciones como Litosoles y Redzinas, son suelos muy delgados, pedregosos y poco desarrollados que pueden contener una gran cantidad de material calcáreo.

Los suelos **Leptosol** son compuestos de varios tipos de rocas o material no consolidado, con menos de 10% de material fino, muy somero, sobre roca dura o material calcáreo, hasta una profundidad de 25 cm. Se encuentran principalmente en tierras de mediana altitud o una topografía altamente disectada, particularmente en áreas fuertemente erosionadas. Por la poca profundidad del suelo, son poco atractivos para cultivos de arado y tienen un potencial limitado

para producción de cultivos de árboles o pastizales. Su mejor apariencia es bajo bosques. Hidrológicamente, son suelos con buen drenaje superficial, la retención de agua es por el mínimo contenido de material fino limitado. La erosión es considerable cuando se trata de un área sobreexplotada ambientalmente, con el deterioro de la vegetación o afectaciones antropogénicas.



Figura IV.16.- Carta edafológica en el Área de Estudio Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (1999).

La formación de este tipo de suelos es de origen residual, a partir de rocas ígneas extrusivas del Terciario y Cuaternario; su espesor está condicionado a la pendiente, ya que ésta influye directamente sobre la escasa acumulación de los materiales edáficos, y son muy susceptibles a la erosión. Además de la limitante muy restrictiva para su uso y manejo que representa la profundidad, también están las pendientes donde se encuentran (mayores de 15%), así como la pedregosidad y los afloramientos rocosos superficiales.

Una proporción importante de estos suelos se clasifica como leptosoles líticos, con una profundidad de 10 centímetros o menos. Los suelos **Leptosol lítico**, se pueden considerar como la mínima expresión de suelo 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 atribuida a su extremada juventud.

Regosoles (del griego reghos, manto) se agrupa a los suelos que no pueden ser clasificados dentro de los grupos reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS, 2007).

Los **Regosoles** se presentan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. No dependen de una zona climática y de una altitud específica, pero son más comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y en las regiones montañosas, pero también en lomeríos, planicies, así

como en dunas y playas. Su evolución es muy escasa, lo cual se debe a los procesos de erosión. Principalmente, se desarrolla en los primeros 30 cm un horizonte húmico, sobreyaciendo de un material granular casi libre de carbonatos. Su uso y manejo varían muy ampliamente, dependiendo del riego y en las planicies pastoreo.

Los suelos Regosol, en general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen, en México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión muchas veces están asociados con leptosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Se incluyen en este grupo los suelos arenosos costeros y son empleados para el cultivo de coco y sandía con buenos rendimientos.

Los Regosoles de zonas áridas tienen escasa vocación agrícola, aunque su uso depende de su profundidad, pedregosidad y fertilidad, por lo que sus rendimientos son variables (FAO, 2001).

En México, las mayores extensiones se encuentran en la Sierra Madre Occidental y del Sur y en la Península de Baja California. Las variantes más comunes en el territorio son los Regosoles eútricos y calcáricos que se caracterizan por tener una capa ócrica, que cuando se retira la vegetación, se vuelve dura y costrosa lo que impide la penetración del agua hacia el subsuelo y dificulta el establecimiento de las plantas. Esta combinación (escasa cubierta vegetal y baja infiltración de agua al suelo) favorece la escorrentía superficial, y con ello, la erosión.

#### **d) Hidrología superficial y subterránea**

##### **Hidrología Superficial.**

El estado de Sonora, se encuentran 5 regiones hidrológicas dentro de los límites del estado (Figura IV.17); la mayor proporción de la superficie la ocupan, la RH 8 “Sonora Norte” y la RH 9 “Sonora Sur”. Las otras tres regiones hidrológicas ocupan menores porciones del estado y se encuentran una en el Noroeste, en el límite con el estado de Baja California (RH 7 “Río Colorado”); la segunda en el Sur, en el límite con Sinaloa (RH 10 “Sinaloa”); y la tercera en la porción Noreste, en el límite con el estado de Chihuahua (RH 34 “Cuencas Cerradas de Norte”).

El AE y Área de Operaciones se encuentra dentro de la Región Hidrológica No. 9 “Sonora Sur”, abarcando la parte sur de la Subcuenca Hidrológica “Arroyo Guaymas” (RH09Cc), la cual pertenece a la Cuenca Hidrológica “Río Mátape” (RH09C).

La Cuenca Río Mátape es la de mayor importancia en el municipio por ser la que abarca la mayor parte del territorio, equivalente al 57.34% de la superficie total. Además, dentro de esta cuenca se concentran algunas de las localidades y zonas productivas agrícolas más importantes. El río Mátape o también llamado San Marcial, es el escurrimiento principal que tiene sus orígenes en la sierra de Mazatán a una altitud de 1,200 m.s.n.m., tiene un rumbo general al sur hasta desembocar en el Golfo de California, al oriente de la bahía y puerto de Guaymas. El periodo de escurrimiento en la cuenca es de julio a septiembre, durante el resto del año prácticamente no reporta escurrimientos, salvo aquellos provocados por lluvias temporales en

invierno. Se estima que los escurrimientos generados en época de lluvias en verano aportan en promedio 81.6% del total anual. La hidrología superficial dentro de la gran cuenca del río Mátape, que a su vez está subdividida en las subcuencas Guaymas y Río Mátape - Empalme.

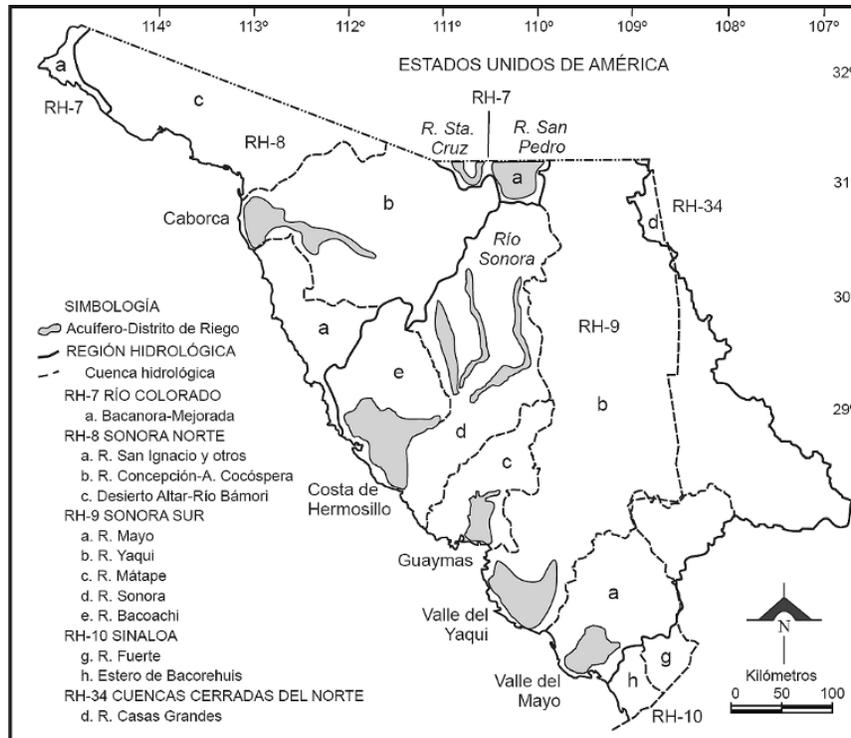


Figura IV.17.- Regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas y acuíferos del Estado de Sonora

Para esta cuenca se tiene infraestructura hidráulica que sirve como puntos de captación de agua, así como para brindar protección a dichas zonas productivas y a las localidades rurales, no sólo del municipio de Guaymas, sino también de Empalme. Gracias a esta infraestructura, este río presenta una disminución de su fuerza y caudal conforme se aproxima a la costa, lo que reduce el riesgo de afectaciones en las localidades rurales y particularmente a la ciudad de Empalme ante eventuales crecidas del río.

Cabe mencionar que además del Río Mátape o San Marcial esta cuenca se caracteriza por no contar con corrientes superficiales permanentes, sin embargo, presenta una gran cantidad de escurrimientos superficiales de tipo intermitente, que tienen su origen en la serie de cerros y lomeríos que rodean la zona y que drenan en las distintas bahías y esteros. Gracias a estos escurrimientos esta cuenca se divide a su vez en subcuencas, entre las que se encuentran: la subcuenca del Río Mátape – Empalme, que abarca el 20.56% del municipio; subcuenca del arroyo San José de Guaymas que abarca el 14.44% del territorio; subcuenca arroyo Tetabiate con el 7.03%; subcuenca Río Mátape - Punta de Agua con el 6.52%; subcuenca arroyo Chicuro equivalente al 5.82% y subcuenca Guaymas equivalente al 3.03% de la superficie municipal.

La subcuenca hidrológica (Figura IV.18) en la cual se localiza el Área de Estudio, pertenece geográficamente al valle aluvial de San José de Guaymas, ubicando al Norte de la Ciudad de Guaymas la cual incluye el AE y Área de Operaciones, y representa una llanura de reducidas dimensiones que forma una franja de 1,400 km de largo, orientada en dirección NW-SE (SEDESOL,

2011). La topografía del valle es baja con amplias superficies planas y una pendiente suave hacia el mar. Los límites del área de captación están formados por la Sierra Santa Úrsula y La Ventana en el este y en el oeste por la Sierra El Aguaje. La red de drenaje en esta subcuenca es dentrítico. Los arroyos intermitentes provenientes de las sierras Santa Úrsula y El Aguaje fluyen al centro del valle donde el arroyo principal San José recibe sus caudales. El arroyo San José fluye de Norte al Sur en el centro de valle San José de Guaymas y desemboca en el Estero El Rancho ubicado al norte de la Bahía Empalme.

El **Área de Estudio**, puede ser considerada funcionalmente como una microcuenca, y que para el presente estudio se identifica como “Microcuenca del Arroyo de Fátima”, se encuentra ubicada dentro de la subcuenca del Arroyo San José de Guaymas, en donde los cuerpos de agua son escurrimientos de tipo intermitente en un curso superficial, pero sin ser constante su descarga.

La microcuenca del Arroyo de Fátima también conocida como Arroyo Pemex, nace en las estribaciones el cerro “El Vigía”, cruza la colonia Fátima y luego el boulevard García López un poco al poniente del entronque de la calle Porfirio Hernández que conduce a las instalaciones de Pemex. El escurrimiento continúa entre terrenos baldíos e instalaciones industriales hasta llegar al ingreso de las instalaciones de almacenamiento de combustible, donde cruza debajo de la calle Porfirio Hernández y se introduce en un ducto subterráneo que bordea estas instalaciones y las de la termoeléctrica de CFE para descargar en la bahía de Guaymas. En el AE que incluye parcialmente la zona urbana de Guaymas existen varios arroyos intermitentes provenientes de los cerros que limitan el AE por su lado poniente.

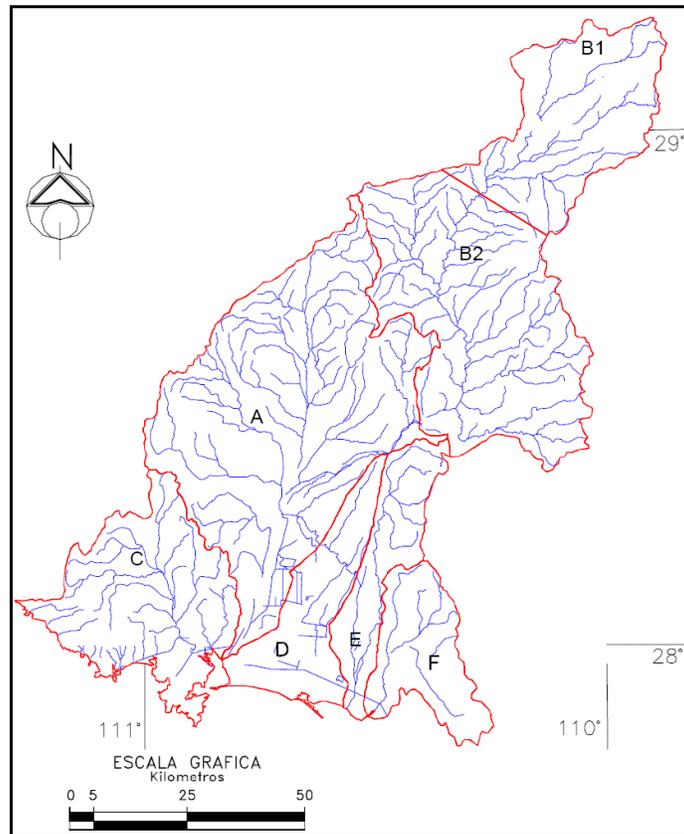


Figura IV.18.- Subcuencas de la región Guaymas-Empalme

### Hidrología Subterránea.

El AE y el Área de Operaciones se ubican al Sur del acuífero administrativo 2636 San José de Guaymas, el cual posee una superficie aproximada de 1,214.27 km<sup>2</sup> (Figura IV.19).

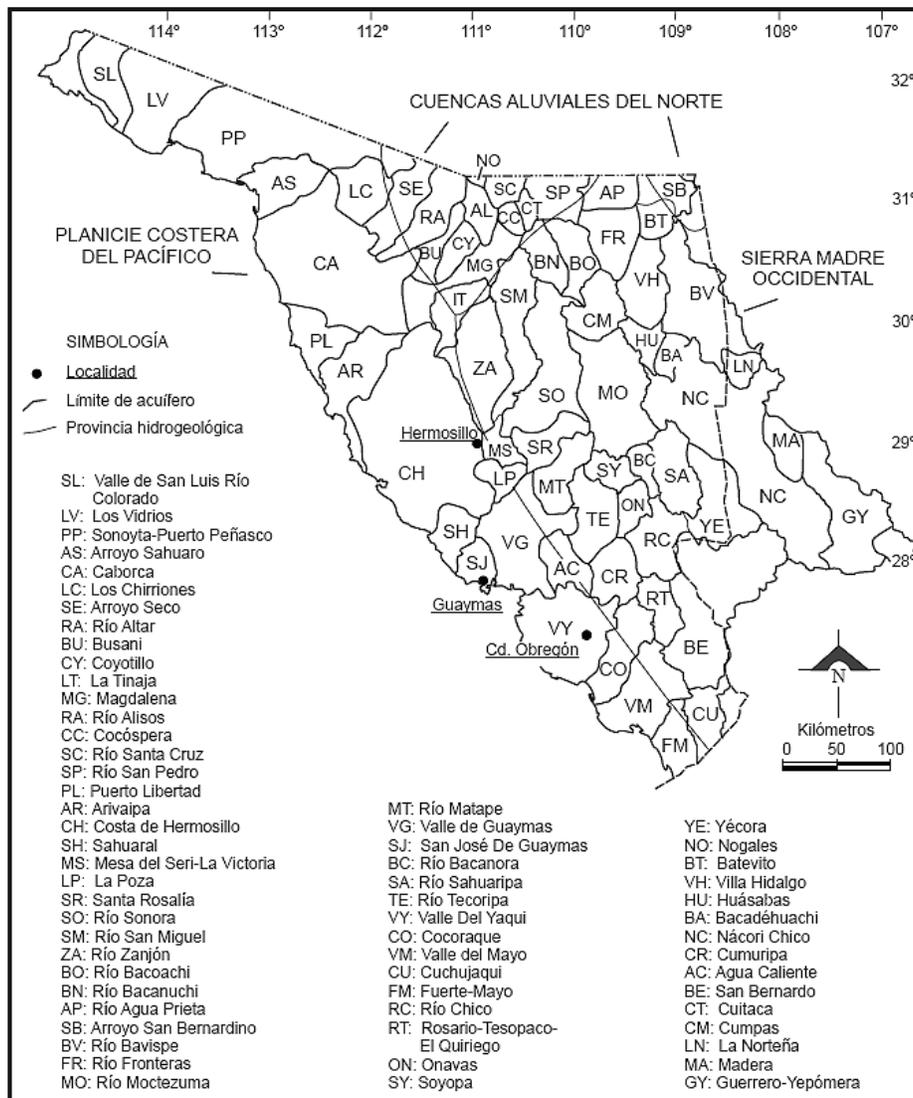


Figura IV.19.- Acuíferos y provincias hidrogeológicas de Sonora.

Las unidades hidrogeológicas son determinadas por los materiales del subsuelo. En este acuífero, las unidades son derivadas de las formaciones preexistentes que han sido erosionadas, transportadas y depositadas por los corrientes fluviales en las depresiones que actualmente constituyen el valle de San José de Guaymas (CONAGUA, 2002), formando un acuífero granular de tipo libre.

Geohidrológicamente, el acuífero de Guaymas (VG), se encuentra ubicado el Distrito de Riego 084, en la porción central de la costa de Sonora. El valle de Guaymas constituye la parte baja de la cuenca del río Mátape en la RH-9 Sonora Sur y su área acuífera es de 844 km<sup>2</sup>. La precipitación media anual es de 320 mm y la evaporación potencial media anual es alrededor de ocho veces mayor.

Se ha identificado dos unidades acuíferas: el acuífero superior, con un espesor promedio de 160 m, constituido de capas interdigitadas de grava, arena y arcilla; y el acuífero inferior, con unos 180 m de espesor, formado por intercalaciones de grava, arena, arcilla y conglomerado. Ambos acuíferos están separados por una capa de arcilla azul con macrofósiles, cuyo espesor es de 160 m cerca de la costa, acuñándose hacia la parte alta del valle de Guaymas. Los sedimentos descansan sobre un basamento de rocas ígneas y metamórficas (TMI, 1975). Por su lado, Herrera-Revilla *et al.* (1985) concluyen que no existe un acuífero inferior aprovechable en el valle de Guaymas.

El valle de Guaymas forma parte de la cuenca hidrográfica del río Mátape. Tiene forma alargada con orientación N-S, quedando limitada al E por la sierra El Bacatete; al W por las sierras Santa Úrsula, La Pasión, La Ventana y Libre; al N parcialmente por las sierras Libre, Carrizal y Moradillas; y al S por el Golfo de California. Las sierras funcionan como fronteras al flujo del agua subterránea, mientras que el basamento o frontera inferior, consiste en basaltos y granito. El flujo de agua subterránea proviene del N, alimentado por las lluvias y escurrimientos de las sierras y, posiblemente, por entradas subterráneas de la cuenca del río Sonora. Otra parte del flujo procede del E, de las formaciones basálticas fracturadas de la sierra El Bacatete (ACSA, 1968).

En 1975 se determinaron la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento en este acuífero mediante pruebas de bombeo en norias de poca profundidad, definiendo hidráulicamente la parte superior del acuífero. Se observaron valores de transmisividad de 5.0 a  $1.5 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/, con coeficientes de almacenamiento de 0.12 y 0.15, valores correspondiendo a un acuífero libre.

Profundidades al nivel estático se reconocen del año 1996 donde se detectaron niveles de 5 a 30 m con las mínimas hacia el ejido San José de Guaymas y al Estero El Rancho ubicados al Norte del SA. Las máximas profundidades se registraron en el Noroeste del acuífero en el rancho El Valiente. Las elevaciones del nivel estático variaron en 1968 de 8 msnm hasta 4 m bajo el nivel de mar, los últimos principalmente en el centro del valle con una dirección de flujo de Noroeste a Sureste. En 1975 se detectaron en casi todo el valle valores inferiores a la de mar y los mayores (-3m) en la cercanía de San José de Guaymas.

La recarga media anual fue estimada en 100 Mm<sup>3</sup>, de los cuales 40 provienen de agua de retorno agrícola, 30 del N como entradas horizontales subterráneas, 20 de flujos ascendentes del acuífero inferior y los 10 restantes proceden de infiltración vertical por agua de lluvia (INEGI, 1993; CNA, 2002a).

Respecto a los niveles estáticos de agua, de 1967 a 1975 descendieron de -5 a -25 mbnm provocando un fuerte cono de abatimiento cerca de Maytoarena, donde se concentra la mayoría de los pozos. Para el año 2006, se observa que el agua subterránea se mueve perpendicularmente a patrones concéntricos, pero con abatimientos que llegan hasta los -43 mbnm. Los análisis fisicoquímicos en la porción sur de la cuenca del río Mátape, clasifican aguas de la familia sulfatada-clorurada cálcico-magnésica variando a sódica, siendo en general de mala calidad para consumo humano y agrícola.

### **Calidad de agua**

El acuífero se localiza en la Costa Sonorense y su calidad depende fuertemente de las aguas marinas que por consecuencia de un bombeo excesivo de agua subterránea intrusión más a tierra adentro (ICGSA, 2007). En algunas zonas del acuífero (en especial en la costa sudeste) el nivel estático de agua subterránea se encuentra bajo del nivel de mar; en estas zonas existe una

afectación del agua dulce por la intrusión salina. En el municipio de Guaymas, esta situación es muy relevante debido a las actividades agrícolas las cuales se apoyan totalmente en la extracción de agua subterránea para el riego de cultivos.

El Distrito de Riego 084 se localiza muy cerca a la costa y un bombeo excesivo facilita por las características topográficas una intrusión salina. Se detectaron dos frentes de intrusión salina, uno en el Valle de Boca Abierta, en el municipio de Empalme y otro en la Falla Santa Úrsula, confirmando también el deterioro de la calidad del agua subterránea y suelos por la presencia excesiva de sales en la región que abarcan en conjunto ambos municipios. A través de este análisis se determinó que la intrusión de agua de mar al acuífero se ubica de 15 a 20 km tierra adentro, inutilizando el agua subterránea y los suelos destinados a la agricultura (SEDESOL, 2011).

CONAGUA (2002) determinó para el acuífero en el valle de San José de Guaymas para el año 1975 valores de STD en la zona litoral de 400 mg/L como también en el extremo noroeste del acuífero. Valores actuales muestran una intrusión con valores más de 1,000 mg/L. Los sulfatos y cloruros se presentan con valores de 1.5 y 10 meq/L para los sulfatos y 2 a 50 meq/L para los cloruros. El sodio en el agua se varía entre 3 y 35 meq/L y el magnesio de 0.3 a 3 meq/L. Se observó una mayor afectación por la intrusión salina en la parte superior del acuífero, posiblemente por una mayor permeabilidad en esta parte. Principalmente la calidad de agua está mejor en la parte Noroeste del acuífero donde el agua se recarga.

### **Ambiente marino**

La bahía de Guaymas está localizada en las coordenadas 110°54° Oeste y 28°40° norte en la costa centro oriental del Golfo de California, siendo el puerto más importante de Sonora. El sistema costero de la bahía es semi-cerrado con restricción al intercambio con mar abierto con pocas entradas aportadas por arroyos. (Rosales-Grano, 1995). El sistema de la bahía en su conjunto se divide en dos subsistemas, la bahía de Guaymas considerando la ciudad y puerto de Guaymas, y el sistema La Laguna-Estero El Rancho al noreste incluyendo a la ciudad de Empalme.

El subsistema bahía de Guaymas está limitado al oeste con la ciudad de Guaymas, con requerimientos de agua para uso doméstico e industrial son de 0.6 m<sup>3</sup>/s (COAPAES, 1996). De lo anterior se estima que las aguas de desecho que son descargadas en la bahía son del orden de 0.1 m<sup>3</sup>/s, lo cual representa el 16.6% de total requerido. (COAPAES,1996).

Las actividades dentro del sistema Guaymas son: industria pesquera la cual incluye, enlatado, empaque, recepción, descarga y lavado del producto y la recepción y carga de combustibles, químicos y comerciales.

Dentro del Área de Estudio, la costa es una zona modificada y alterada para actividades humanas. Esta zona está limitada a tierra por un paramento de piedra, el cual crea la frontera entre la bahía y el margen de la ciudad. Las condiciones de profundidad en las cercanías al paramento son de 1 a 3.0 m de profundidad aumentando con la distancia mar a dentro teniendo un promedio de 3.77 m para la zona (Secretaría de Marina, 1990).

La bahía de Guaymas es una laguna costera somera, con fuerza de marea moderada, teniendo características de marea combinada de diurna y semidiurna con marea predominante diurna. Las características oceanográficas del Área de Estudio son:

### **Batimetría y perfil de playa\*.**

El trasporte litoral es casi nulo, solo afectado por corrientes residuales\* de la corriente de marea la cual se manifiesta con mayor percepción en la zona del canal de acceso, al este de la bahía. Más que transporte litoral ocurre la precipitación en el fondo, de materiales de diferentes actividades productivas (procesos pesqueros, astilleros, drenaje pluvial y urbano, etc.). Las aportaciones de descarga de drenaje y descarga pluvial ocasionales se encuentran dentro del rango de 100 m a la zona de estudio.

Las características de la masa de agua de la bahía varían en los siguientes rangos: La salinidad en la Bahía de Guaymas fluctúa entre 35 y 36 0/00 (Secretaría de Marina, 1990). Otra fuente proporciona datos de salinidad para la bahía en general de máxima 37.97 0/00 y mínima de 30.46 0/00 para el periodo de octubre a septiembre (Botello-Ruvalcaba, 1999).

Los rangos de temperatura varían según la zona de la bahía, ya que las zonas con escasa profundidad son afectadas por los periodos de insolación lo cual aumenta la temperatura de la columna de agua. Para la bahía de Guaymas se han obtenido valores máximos de temperatura de 38° y mínima de 15.1°. (Botello-Ruvalcaba, 1999), mencionando que los datos están influenciados por las características físicas de la bahía, esto es que la bahía en su descripción física se divide en cabeza (zona norte), fase media (zona de islas y la laguna) y boca (zona de acceso a la bahía) ocasionando que para la parte de la cabeza el movimiento y mezcla de la masa de agua es más lento que en las otras dos partes restantes lo cual influye en la variación de temperatura.

La concentración promedio en la bahía de oxígeno disuelto es de 2.75 ml / l. (S. de M, 1990). Considerando que estos valores son afectados por la cercanía a las descargas de aguas negras el valor se reduce, ocasionado por la demanda de oxígeno de los componentes de las aguas negras (materia orgánica, detergentes, etc.). Otra fuente indica valores máximos de 6.33 ml/L para el mes de diciembre (sitio cercano al área de operaciones) y mínimos dentro de la bahía de 1.5 ml/L. Botello-Ruvalcaba, 1996. (Nota: datos obtenidos a 1 m por debajo de la superficie).

El medio abiótico de fondo está compuesto de azolve y materia orgánica, principalmente en las zonas cercanas al límite de la bahía.

Los datos de granulometría (Secretaría de Marina, 1990) revelan la presencia de sustratos arenosos y limo arcillosos en la mayoría de la bahía. Para el área de estudio de estudio la composición es de características limo arcillosas, afectadas por acumulación de materia orgánica aportada por descargas pluviales y de aguas negras urbanas. A esto se le suma los derrames de combustibles que se originan en la zona de atraques de la flota pesquera de Guaymas dispersa en la cercanía agregándose, en ocasiones por precipitación, a las características del fondo.

### **Zona costera.**

Las márgenes de la bahía de Guaymas son variadas, en su mayoría están compuestas por zonas de arena y grava. En las de menor área predominan las zonas rocosas y acantilados de pequeña longitud. También están modificadas las márgenes en la franja de mar y tierra, como es el caso de los muelles y muros de contención de terreno ganado al mar, zona del malecón, y el recinto portuario de Guaymas.

## IV.2.2 Aspectos bióticos

### a) Vegetación terrestre

El sitio del Área de Operaciones se ubica dentro del recinto portuario, en él no se observa vegetación forestal, lo cual es resultado del asentamiento industrial que desde hace varias décadas aquí se localiza. Sin embargo, se describe la vegetación que se reporta de manera general dentro del Área de Estudio (AE) y en los alrededores del Área de Operaciones (Figura IV.20).

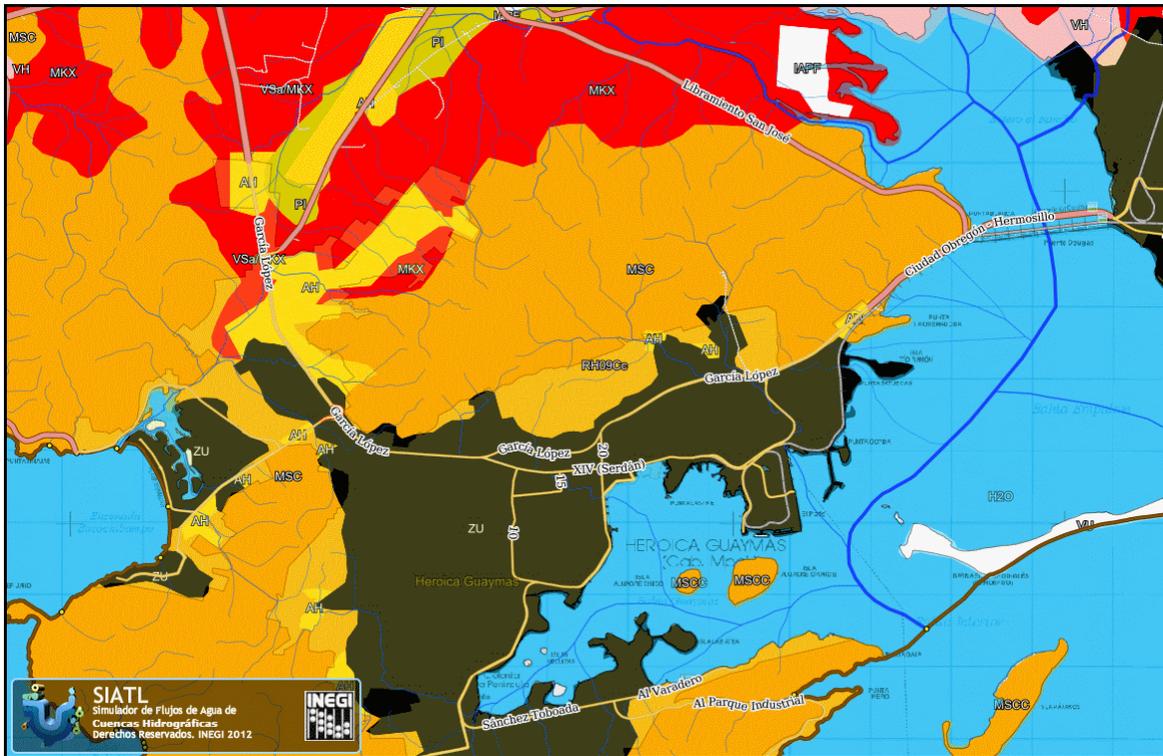


Figura IV.20.- Carta Vegetación en el Área de Estudio (AE).

La posición latitudinal que el territorio mexicano ha tenido a lo largo de su evolución, los procesos de orogenia y vulcanismo, el intemperismo y otros factores modeladores del paisaje, han hecho que nuestro país tenga una gran diversidad de ambientes, lo cual se refleja en la biota que se desarrolla en su territorio (González Medrano, 2003). Dentro de la clasificación uso de suelo y vegetación, se identifica como cubierta vegetal predominante al **Matorral Sarcocaulis**, el cual abarca el 31.28% del territorio y se extiende sobre todas las elevaciones del municipio, así como otras elevaciones menores ubicadas en el territorio como lo son los cerros de la península de Guaymas y los ubicados en el área de San Carlos.

En predominancia le sigue la cubierta vegetal denominada Mezquite, la cual se extiende sobre el 30.64% del municipio, identificándose principalmente en las áreas desocupadas del Valle de Guaymas y del Valle Agua Caliente, así como en pequeñas porciones del Valle de San José y al sur de la zona agrícola Yaqui.

De manera general, el sistema ambiental en el AE está ocupado por la zona urbana de la ciudad Heroica Guaymas, donde se concentra la mayor parte de la población del municipio, la industria y

la infraestructura portuaria. Mientras que la vegetación predominante corresponde al Matorral Sarcocaula representado por arbustos de tallos carnosos -algunos de corteza papirácea- ubicados sobre terrenos rocosos y suelos muy delgados. También se encuentran presentes otras asociaciones vegetales como Matorral Sarco-Crasicaule Mezquital Xerófilo, Vegetación de Dunas Costeras y Vegetación Halófila Xerófila, que crecen sobre terrenos ondulados con suelos formados por el depósito de sedimentos que acarrear las aguas superficiales.

Dentro del AE, la vegetación se encuentra en suelos leptosol por ser los suelos dominantes, este tipo de suelo es muy delgado, pedregoso y contiene una gran cantidad de material calcáreo lo que impide el desarrollo de las actividades agrícolas. Algunos de los elementos aislados (manchones) que pueden encontrarse en el área de Operaciones y que representan los más comunes son: *Fouquieria splendens* (Ocotillo), *Fouquieria macdougalii* (Jaboncillo), *Cylindropuntia imbricata* (Cardenche), *Lemnaecereus thurberi* (Cardon) y *Prosopis spp.* (mezquite).

La vegetación dominante en el Puerto de Guaymas, Sonora, comprende de Matorrales Xerófilos, aunque en algunas áreas restringidas se puede encontrar vegetación como Mezquites asociados a playas y Matorrales Arborescentes. La vegetación nativa predominante para el Sistema Ambiental es el Matorral Espinoso Semidesértico, del tipo Sarcocaula y Sarco-Crasicaule.

En el área cercana al puerto, se presentan principalmente Vegetación Sarcocaula y Sarco-Crasicaule. En el Área de Operaciones no existe vegetación a consecuencia del asentamiento industrial histórico y el desarrollo y crecimiento de este en estos últimos años.

En el Área de Estudio, se reportan los siguientes tipos y asociaciones vegetales que se desarrollan principalmente en el cerro El Vigía, y que se describen a continuación:

**Vegetación Sarcocaula.** Tipo de vegetación caracterizado por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos y algunos con corteza papirácea. Se encuentran sobre terrenos rocosos y suelos someros en regiones costeras de la llanura sonorensis y la Península de Baja California. Esta comunidad de Matorral Sarcocaula en Sonora se ubica en la región de lomeríos y elevaciones medias, sobre suelos someros de laderas de cerros, lo conforman especies como: *Cercidium microphyllum*, *Opuntia spp.*, y *Carnegiea gigantea*, entre otras; esta última, particularmente impresionante por su altura, ya que con frecuencia llega a medir más de 10 m. Es un matorral abierto o medianamente denso y florísticamente rico, en el que a menudo intervienen especies de *Acacia*, *Prosopis*, *Larrea*, *Celtis*, *Encelia*, *Olneya*, *Ferocactus* y muchos otros, al igual que numerosas plantas herbáceas perennes incluyendo helechos y *Selaginella*.

La vegetación **Sarco-Crasicaule** presenta una menor superficie y corresponde a una comunidad vegetal con gran número de formas de vida o biotipos, entre los que destacan especies sarcocaulas (tallos gruesos carnosos) y crasicaulas (tallos suculentos-jugosos). Se desarrolla principalmente en la parte central de Baja California sobre terrenos ondulados graníticos y coluviones. Las especies más conspicuas son: *Pachycormus discolor*, *Fouquieria spp.*, *Pachycereus spp.*, *Opuntia spp.*, *Pedilanthus macrocarpus*, etc.

Si bien no existen estudios puntuales respecto a las comunidades vegetales en el municipio de Guaymas, en Cuadro IV.1, se presenta el listado de las especies que regionalmente pudieran encontrarse dentro del Área de Estudio, de acuerdo con la bibliografía (Shreve y Wiggins, 1964; Rzedowski, 1978; Henrickson y Johnston, 1997; Lomolino *et al.*, 2005).

Cuadro IV.1.- Vegetación que pudiera observarse en el AE y Área de Operaciones.

Familia	Especie (Nombre científico)	Nombre común
Amaranthaceae	<i>Atriplex canescens</i>	Costilla de vaca
Areaceae	<i>Sabal uresana</i>	Palma
Asteraceae	<i>Perityle emoryi</i>	Manzanilla blanca
Cactaceae	<i>Peniocereus marianus</i>	Reyna de la noche
Cactaceae	<i>Stenocereus gummosus</i>	Pitayo agrio
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria macdougalii</i>	Jaboncillo
Leguminosae	<i>Cassia atomaria</i>	Retama
Leguminosae	<i>Coursetia glandulosa</i>	Palo dulce
Leguminosae	<i>Phitecellobium sonorae</i>	Pinzan
Leguminosae	<i>Prosopis juliflora</i>	Mezquite
Leguminosae	<i>Prosopis velutina</i>	Mezquite terciopelo
Leguminosae	<i>Sesbania herbacea</i>	Shashal
Malvaceae	<i>Sphaeralcea emoryi</i>	ND
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo
Sphagnaceae	<i>Sphagnum palustre</i>	Musgo
Agavaceae	<i>Agave angustifolia</i>	Bacanora
Agavaceae	<i>Agave colorata</i>	Mezcal ceniza
Agavaceae	<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla
Agavaceae	<i>Agave schottii</i>	Magüey lechuguilla
Aizoaceae	<i>Sesuvium verrucosum</i>	Verdolaga de playa
Amaranthaceae	<i>Amaranthus palmeri</i>	Quintonil tropical
Asteraceae	<i>Baccharis sarothroides</i>	Romerillo
Asteraceae	<i>Bebbia juncea</i>	Sweetbush
Asteraceae	<i>Chromolaena sagittata</i>	Maegarita
Asteraceae	<i>Coreocarpus sonoranus</i>	ND
Asteraceae	<i>Encelia farinosa</i>	Flor de rocío
Asteraceae	<i>Helianthus niveus</i>	Dune sunflower
Asteraceae	<i>Machaeranthera coulteri</i>	ND
Asteraceae	<i>Porophyllum pausodinum</i>	ND
Asteraceae	<i>Trixis californica</i>	Guillermito
Bixaceae	<i>Amoreuxia palmatifida</i>	Saiya
Burseraceae	<i>Bursera hindsiana</i>	Copal
Burseraceae	<i>Bursera laxiflora</i>	Torote
Burseraceae	<i>Bursera microphylla</i>	Torote, Palo colorado
Burseraceae	<i>Bursera odorata</i>	Torote blanco
Cactaceae	<i>Carnegiea gigantea</i>	Saguaro
Cactaceae	<i>Cylindropuntia bigelovii</i>	Cholla
Cactaceae	<i>Cylindropuntia echinocarpa</i>	Cholla plateada
Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche
Cactaceae	<i>Echinocereus cinerascens</i>	Pitaya
Cactaceae	<i>Echinocereus scopulorum</i>	Alicoche del risco
Cactaceae	<i>Lophocereus schottii</i>	Barbón
Cactaceae	<i>Opuntia acanthocarpa</i>	Nopal cardón
Cactaceae	<i>Opuntia bigelovii</i>	Hoya güera
Cactaceae	<i>Opuntia bravoana</i>	Nopal
Cactaceae	<i>Opuntia echinocarpa</i>	Nopal
Cactaceae	<i>Opuntia ftigida</i>	Choya
Cactaceae	<i>Opuntia macrocentra (Opuntia santa-rita)</i>	Nopal violáceo
Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón
Cactaceae	<i>Opuntia tesajo</i>	Tasajo
Cactaceae	<i>Opuntia thorberi</i>	Choro
Cactaceae	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	Cardón
Cactaceae	<i>Pachycereus pringlei</i>	Sagüara/Cardón

<b>Familia</b>	<b>Especie (Nombre científico)</b>	<b>Nombre común</b>
Capparaceae	<i>Forchammeria watsoni</i>	Palo de San Juan
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco
Compositae	<i>Perityle reinana</i>	ND
Curcubitaceae	<i>Apodanthera palmeri</i>	ND
Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus palmeri</i>	ND
Euphorbiaceae	<i>Croton sonora</i>	Vara blanca, Cenizo
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia albomarginata</i>	ND
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia arizonica</i>	ND
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia californica</i>	Zipehui
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia capitellata</i>	Golondrina
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia ceroderma</i>	ND
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia leucantha</i>	ND
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia lomelii</i>	Candelilla
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia polycarpa</i>	ND
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia tomentulosa</i>	ND
Euphorbiaceae	<i>Jatropha cinerea</i>	Torito
Euphorbiaceae	<i>Jatropha cuneata</i>	ND
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria splendens</i>	Ocotillo
Krameriaceae	<i>Krameria parvifolia</i>	Leguminosa
Krameriaceae	<i>Krameria sonora</i>	ND
Lamiaceae	<i>Vitex mollis</i>	Aceitunillo
Leguminosae	<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache
Leguminosae	<i>Acacia willardiana</i>	Palo blanco
Leguminosae	<i>Caesalpinia pumila</i>	Piojito negro
Leguminosae	<i>Calliandra eriophylla</i>	Charasquillo
Leguminosae	<i>Cercidium floridum</i>	Palo verde-azul
Leguminosae	<i>Cercidium microphyllum</i>	Palo verde
Leguminosae	<i>Cercidium sonora</i>	Palo verde
Leguminosae	<i>Desmanthus bicornutus</i>	ND
Leguminosae	<i>Desmanthus covillei</i>	ND
Leguminosae	<i>Desmanthus oligospermus</i>	ND
Leguminosae	<i>Desmanthus virgatus</i>	Guaje
Leguminosae	<i>Erythrina flabelliformis</i>	Colorín
Leguminosae	<i>Mimosa dysocarpa</i>	ND
Leguminosae	<i>Mimosa pudica</i>	Mimosa
Leguminosae	<i>Olneya tesota</i>	Árbol del hierro
Leguminosae	<i>Parkinsonia microphylla</i>	Palo verde, Palo brea
Leguminosae	<i>Prosopis articulata</i>	ND
Leguminosae	<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite dulce
Malpighiaceae	<i>Cottsia californica</i>	ND
Malvaceae	<i>Abutilon incanum</i>	Tronadora
Malvaceae	<i>Abutilon palmeri</i>	Malva de india
Malvaceae	<i>Hibiscus denudatus</i>	Pale face
Malvaceae	<i>Malvastrum bicuspidatum</i>	Malva
Olacaceae	<i>Schoepfia shreveana</i>	ND
Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i>	Zacate araña
Poaceae	<i>Aristida ternipes</i>	Tres barbas arqueado
Poaceae	<i>Chloris virgata</i>	Barbas de indio
Poaceae	<i>Digitaria californica</i>	Punta blanca
Poaceae	<i>Heteropogon contortus</i>	Zacate aceitillo
Poaceae	<i>Hilaria belangeri</i>	ND
Poaceae	<i>Leptochloa dubia</i>	Zacate gigante
Poaceae	<i>Sporobolus cryptandrus</i>	Zacatón desgranador
Poaceae	<i>Distichis spicata</i>	Zacate salado
Salicaceae	<i>Salix gooddingii</i>	Sauz

Familia	Especie (Nombre científico)	Nombre común
Sapindaceae	<i>Sapinus saponaria</i>	Zapotillo
Simmondsiaceae	<i>Simmondsia chinensis</i>	Jojoba
Solanaceae	<i>Datura discolor</i>	Chayotillo
Solanaceae	<i>Lycium brevipes</i>	ND
Solanaceae	<i>Lycium californicum</i>	ND
Solanaceae	<i>Physalis purpurea</i>	Coztomate
Solanaceae	<i>Solanum eleagnifolium</i>	Tomatillo
Verbenaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Mangle negro
Verbenaceae	<i>Cintherexylum flabellifolium</i>	ND
Verbenaceae	<i>Lippia palmeri</i>	Quelite, Orégano
Zygophyllaceae	<i>Guaicum coulteri</i>	Árbol santo
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora

De manera particular, dentro del polígono del Área de Operaciones no existe cubierta vegetal arbórea nativa, observándose solo vegetación herbácea y arbustiva principalmente, así como cactáceas, destacando Cardenche (*Cylindropuntia imbricata*), Ocotillo (*Fouquieria splendens*), Gobernadora (*Larrea tridentata*), Mezquite (*Prosopis glandulosa*), Huisache (*Acacia farnesiana*), además de vegetación inducida como palmas, Ficus (*Ficus benjamina*) y algunas cactáceas columnares como Sagüara/Cardón (*Pachycereus pringlei*), Figura IV.21.



Cardenche (*Cylindropuntia imbricata*)



Gobernadora (*Larrea tridentata*)



Ficus (*Ficus benjamina*)



Sagüara/Cardón (*Pachycereus pringlei*)



Huisache (*Acacia farnesiana*)



Ocotillo (*Fouquieria splendens*)

Figura IV.21.- Ejemplares herbáceos y arbustivos en el área de operaciones.

## b) Fauna

En general, el estado de Sonora representa el 9.2 % de la superficie de territorio nacional, la diversidad de esta entidad federativa es el resultado de la compleja topografía, relieve y geología, así como de los diversos climas y microclimas que se encuentran en todo el territorio de este estado.

Dado que no existen estudios registrados ni reportes específicos para el municipio de Guaymas y para el Recinto Portuario a continuación se refiere la diversidad y riqueza faunística del Estado de Sonora.

La herpetofauna de Sonora refleja el contraste de diversos aspectos físicos, climáticos y bióticos del estado. De las 37 especies de anfibios y 142 de reptiles terrestres y de agua dulce que se han reportado para el estado, estas se agrupan en 85 géneros y 32 familias, de las cuales se tiene que son cinco especies endémicas continentales y ocho insulares (que son exclusivas de islas).

Entre las especies endémicas continentales, se encuentran: *Aspidoscelis opatae*, *Crotaphytus dickersonae*, *Phrynosoma ditmarsii*, *Trachemys yaquia*, *Xantusia jaycoleri* y el *Crocodylus acutus*. El cocodrilo fue observado por última vez en un estuario cerca de Guaymas en 1973, y se considera extinto a nivel estatal; sin embargo, estudios recientes podrían indicar su existencia en algunas partes del estado (Molina- Frenaner y Van- Devender, 2010). Se tiene que 86 especies se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, entre las cuales los grupos más amenazados son las tortugas marinas y las serpientes. Del total de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, son 59 las que se distribuyen en la porción continental del estado, de las cuales 9 están consideradas como amenazadas (A), tales como: *Boa constrictor* (boa constrictora), *Lichanura trevirgata* (boa solocuate), *Lampropeltis getula* (culebra real común), *L. pyromelana* (culebra real sonorensis), *Coluber flagellum* (culebra chirreadora común), *Thamnophis cyrtopsis* (culebra listonada de cuello negro), *T. eques* (culebra listonada del sur mexicano), *T. marcianus* (culebra listonada manchada), y *Micruroides euryxanthus* (serpiente coralillo sonorensis). El resto están consideradas bajo la categoría de protección especial (Pr) y en peligro de extinción (P).

Por su parte, la avifauna conocida de Sonora incluye 556 especies de 73 familias y 20 órdenes, con 227 especies residentes, 46 residentes de verano, 233 migratorias de larga distancia y 50 migratorias parciales. , 31 de ellas se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales seis especies tienen categoría de peligro de extinción (P), tales como: *Charadrius melodus* (chorlo chiflador), *Nucifraga columbiana* (cascanueces), *Colinus virginianus ridgwayi* (codorniz mascarita), *Aratinga holochlora brewsteri* (perico del noroeste), *Rhyncopsitta pachyrhyncha* (cotorra serrana) y *Laterallus jamaicensis* (polluela negra). Además de nueve especies con categoría de amenazadas: *Accipiter gentilis* (gavilán azor), *Aquila chrysaetos* (águila real), *Branta bernicla nigricans* (ganso de collar), *Charadrius montanus* (chorlo llanero), *Falco femoralis septentrionalis* (halcón aplomado), *Falco mexicanus* (halcón mexicano), *Amazona finschi* (loro de corona lila), *Strix occidentalis* (búho manchado); y las restantes especies tienen una categoría de protección especial (Pr) y amenazadas (A).

La fauna de mamíferos terrestres en el estado de Sonora comprende 126 especies. Según las cifras de Ceballos y Oliva (2005). Sonora ocupa el octavo lugar, junto con Michoacán (128 especies), en cuanto al número de especies de mamíferos terrestres en México. Esta riqueza de especies es prácticamente similar a la de Chihuahua (126 especies), superior a la de Sinaloa (108) y Baja

California (108) y menor a la de Arizona (138) y Nuevo México (139), estados vecinos de Sonora (Ceballos y Oliva, 2005; Findley et al., 1975; Hoffmeister, 1986).

Del total de especies registradas para este estado, 22 se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, excluyendo ocho subespecies insulares, que representan 24 % del total nacional. Las especies catalogadas en peligro de extinción (P), son: el *Antilocapra americana* (berrendo), *Leopardus pardalis* (ocelote), *L. wiedii* (tigrillo) y *Myotis vivesi* (murciélago pescador); mientras que las especies amenazadas son 11, entre las que tenemos a: *Notosorex crawfordi* (musaraña del desierto), *Choeronycteris mexicana* (murciélago polinivoro), *Vulpes macrotis* (zorrita orejona), *Taxidea taxus* (tejón), *Neotoma varia* (rata cabalanchera), *Ondatra zibethicus* (ratas), *Cynomys ludovicianus* (perrito llanero) y *Sciurus arizonensis* (ardilla). De estas especies, se considera que *Cynomys ludovicianus* y *Sciurus arizonensis* están en riesgo de considerarse como amenazadas (A).

Del total de anfibios y reptiles registrados para el estado, se tiene que 86 especies se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, entre los cuales los grupos más amenazados son las tortugas marinas y las serpientes. Del total de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, son 59 las que se distribuyen en la porción continental del estado, de las cuales 9 están consideradas como Amenazadas (A), tales como: *Boa constrictor* (boa constrictora), *Lichanura trevirgata* (boa solcuete), *Lampropeltis getula* (culebra real común), *Lampropeltis pyromelana* (culebra real sonorese), *Coluber flagellum* (culebra chirreadora común), *Thamnophis cyrtopsis* (culebra listonada de cuello negro), *Thamnophis eques* (culebra listonada del sur mexicano), *Thamnophis marcianus* (culebra listonada manchada), y *Micruroides euryxanthus* (serpiente coralillo sonorese). El resto de las especies están consideradas bajo Protección Especial (Pr) y en Peligro de Extinción (P).

Referente al grupo de las aves, se tiene que 31 especies se incluyen en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales seis especies tienen categoría de peligro de extinción (P), tales como: *Charadrius melodus* (chorlo chiflador), *Nucifraga columbiana* (cascanueces), *Colinus virginianus ridgwayi* (codorniz mascarita), *Aratinga holochlora brewsteri* (perico del noroeste), *Rhyncopsitta pachyrhyncha* (cotorra serrana) y *Laterallus jamaicensis* (polluela negra). Además de nueve especies con categoría de amenazadas, entre las cuales encontramos a: *Accipiter gentilis* (gavilán azor), *Aquila chrysaetos* (águila real), *Branta bernicla nigricans* (ganso de collar), *Charadrius montanus* (chorlo llanero), *Falco femoralis septentrionalis* (halcón aplomado), *Falco mexicanus* (halcón mexicano), *Amazona finschi* (loro de corona lila), *Strix occidentalis* (búho manchado); y las restantes especies tienen una categoría de Protección Especial (Pr).

En cuanto al grupo de los mamíferos se tiene que la riqueza de la mastofauna del estado de Sonora incluye a 126 especies de mamíferos terrestres, que representan el 27 % de la mastofauna terrestre de México. En estas se encuentran representadas un 76 % de las familias y el 49 % de los géneros presentes en el país. Del total de especies registradas para este estado, se tiene que 22 se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, excluyendo ocho subespecies insulares, que representan 24 % del total nacional. Las especies catalogadas en peligro de extinción (P), son: el *Antilocapra americana* (berrendo), *Leopardus pardalis* (ocelote), *Leopardus wiedii* (tigrillo) y *Myotis vivesi* (murciélago pescador). Las especies amenazadas son 11, entre las que tenemos a: *Notosorex crawfordi* (musaraña del desierto), *Choeronycteris mexicana* (murciélago polinivoro), *Vulpes macrotis* (zorrita orejona), *Taxidea taxus* (tejón), *Neotoma varia* (rata cabalanchera), *Ondatra zibethicus* (ratas), *Cynomys ludovicianus* (perrito llanero) y *Sciurus arizonensis* (ardilla).

A nivel regional, se tiene un registro bibliográfico de 71 familias, distribuidas en 119 géneros y 149 especies, las cuales se distribuyen de la siguiente manera: 1 especies de Corales, 4 de Anfibios, 1 de Ophiuroidea, 34 de Peces, 46 de Aves, 2 de Almejas, 24 de mamíferos, 3 Crustáceos y 34 de Reptiles.

En el Cuadro IV.2 se presenta el listado faunístico mediante de especies registradas a nivel Sistema Ambiental que se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, con alguna categoría de riesgo, de las cuales ninguna se registró en el área de Operaciones, tal como se describirá en párrafos posteriores.

Cuadro IV.2.- Listado Faunístico

No.	Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010/Endemismo
1	Anthozoa	Antipathidae	<i>Antipathes grandis</i>	Coral negro	Protección especial
2	Actinopterygii	Pomacanthidae	<i>Pomacanthus zonipectus</i>	Ángel Cortés	Protección especial
3	Actinopterygii	Syngnathidae	<i>Hippocampus ingens</i>	Caballito del Pacífico	Protección especial
4	Aves	Accipitridae	<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de cooper	Protección especial
5	Aves	Accipitridae	<i>Aquila chrysaetos</i>	Águila real	Amenazada
6	Aves	Ardeidae	<i>Egretta rufescens</i>	Garceta rojiza	Protección especial
7	Aves	Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña americana	Protección especial
8	Aves	Alcidae	<i>Synthliboramphus craveri</i>	Mérgulo de craveri	Peligro de extinción
9	Aves	Laridae	<i>Sternula antillarum</i>	Charrán mínimo	Protección especial
10	Aves	Laridae	<i>Sterna elegans</i>	Golondrina de mar elegante	Protección especial
11	Aves	Laridae	<i>Sterna antillarum</i>	Charrán mínimo	Protección especial
12	Aves	Laridae	<i>Larus heermanni</i>	Gaviota ploma	Protección especial
13	Aves	Laridae	<i>Larus livens</i>	Gaviota pata amarilla	Protección especial
14	Aves	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Protección especial
15	Aves	Falconidae	<i>Falco mexicanus</i>	Hálcón mexicano	Amenazada
16	Aves	Sylviidae	<i>Poliophtila plumbea</i>	Perlita tropical	Protección especial
17	Aves	Turdidae	<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	Protección especial
18	Aves	Turdidae	<i>Myadestes unicolor</i>	Clarín unicolor	Amenazada
19	Aves	Phaethontidae	<i>Phaeton aethereus</i>	Pico Rojo el pájaro tropical	Amenazada
20	Aves	Hydrobatidae	<i>Oceanodroma melania</i>	Paíño negro	Amenazada
21	Aves	Hydrobatidae	<i>Oceanodroma microsoma</i>	Paíño mínimo	Amenazada
22	Aves	Diomedidae	<i>Phoebastria nigripes</i>	Albatros pata negra	Amenazada
23	Aves	Sulidae	<i>Sula neuboxii</i>	Bobo patas azules	Protección especial
24	Mammalia	Otariidae	<i>Arctocephalus townsendi</i>	Foca de Guadalupe	Peligro de extinción
25	Mammalia	Otariidae	<i>Zalophus californianus</i>	Lobo marino californiano	Protección especial
26	Mammalia	Mustelidae	<i>Taxidea taxus</i>	Tlalcoyote	Amenazada
27	Mammalia	Delphinidae	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Ballena piloto	Protección especial
28	Mammalia	Delphinidae	<i>Delphinus delphis</i>	Delfín común de rostro corto	Protección especial
29	Mammalia	Delphinidae	<i>Steno bredanensis</i>	Delfín de dientes rugosos	Protección especial
30	Mammalia	Delphinidae	<i>Tursiops truncatus</i>	Delfín nariz de botella	Protección especial
31	Mammalia	Phyllostomidae	<i>Choeronycteris mexicana</i>	Murciélago trompudo	Amenazada
32	Mammalia	Phyllostomidae	<i>Leptonycteris curasoae</i>	Murciélago-hocicudo de curazao	Amenazada
33	Mammalia	Vespertilionidae	<i>Myotis vivesi</i>	Miotis pescador	Peligro de extinción/Endémica
34	Mammalia	Cricetidae	<i>Neotoma phenax</i>	Rata-cambalachera sonorensis	Protección especial/Endémica
35	Reptilia	Boidae	<i>Charina trivirgata.</i>	Boa rosada del noroeste	Amenazada
36	Reptilia	Boidae	<i>Lichanura trivirgata</i>	Boa solocuate	Amenazada
37	Reptilia	Colubridae	<i>Chilomeniscus cinctus</i>	Culebra-arenera bandada	Protección especial
38	Reptilia	Colubridae	<i>Gyalopion quadrangulare</i>	Culebra-nariz ganchuda de desierto	Protección especial/Endémica
39	Reptilia	Colubridae	<i>Masticophis flagellum</i>	Culebra-chirriadora común	Amenazada
40	Reptilia	Colubridae	<i>Phyllorhynchus browni</i>	Culebra-nariz lanceolada ensillada	Protección especial
41	Reptilia	Eublepharidae	<i>Coleonyx variegatus</i>	Cuija occidental	Protección especial

No.	Grupo	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010/Endemismo
42	Reptilia	Helodermatidae	<i>Heloderma suspectum</i>	Lagarto de Gila	Amenazada
43	Reptilia	Iguanidae	<i>Sauromalus ater</i>	Chuckwalla norteña	Amenazada/Endémica
44	Reptilia	Iguanidae	<i>Sauromalus obesus</i>	Chuckwalla común	Amenazada
45	Reptilia	Iguanidae	<i>Ctenosaura hemilopha</i>	Iguana-espinosa de Sonora	Protección especial/Endémica
46	Reptilia	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana-espinosa rayada	Amenazada
47	Reptilia	Natricinae	<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra-listonada cuello negro	Amenazada
48	Reptilia	Testudinidae	<i>Gopherus agassizii</i>	Galápago tortuga de desierto	Amenazada
49	Reptilia	Phyllodactylidae	<i>Phyllodactylus homolepidurus</i>	Salamanquesa sonorense	Protección especial/Endémica
50	Reptilia	Phrynosomatidae	<i>Callisaurus draconoides</i>	Lagartija cachora	Amenazada
51	Reptilia	Viperidae	<i>Crotalus atrox</i>	Cascabel de diamantes	Protección especial
52	Reptilia	Viperidae	<i>Crotalus molossus</i>	Cascabel de cola negra	Protección especial
53	Reptilia	Viperidae	<i>Crotalus tigris</i>	Cascabel tigre sonorense	Protección especial

### Fauna silvestre registrada en el Área de Operaciones

Debido a que en el Área de Operaciones se realizan diferentes actividades propias del manejo de ácido sulfúrico, la fauna que se presenta es ocasional y principalmente aves, sin que se observe durante el día mamíferos menores o rastros de ellos. En los alrededores y con menor actividad y tránsito humano, es posible observar aves perchando y/o forrajeando en los sitios donde existe vegetación natural o inducida (Figura IV.22).

De manera particular, tanto el Área de Operaciones como el Área de Estudio no se encuentran dentro de ninguna ANP de carácter federal, Estatal o Municipal.



Tórtola Turca *Streptopelia decaecto*



Busardo Colirrojo *Buteo jamaicensis*



Camachuelo Mejicano *Haemorhous mexicanus*

Figura IV.22.- Especies de aves observadas en el Área de Estudio en las inmediaciones al Área de Operaciones.

### **Especies endémicas registradas**

No se registró ninguna especie con carácter endémico ni con algún estatus de protección dentro del Área de Operaciones. En el SA se ubican según la bibliografía 53 especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **Abundancia relativa de cada grupo zoológico**

No se reporta este apartado respecto a los aspectos cuantitativos en la diversidad de especies en el Área de Operaciones, en virtud de que no se observaron individuos faunísticos durante los recorridos de campo.

Respecto al grupo de los mamíferos marinos que se registran a nivel regional bibliográficamente, se reportan tres especies de mamíferos *Tursiops truncatus*, *Delphinus capensis* y *Zalophus californianus*, estas especies se distribuyen en la zonas costeras, pelágicas e islas. Las especies estacionales, muchas de ellas, sobre todo las grandes ballenas como la gris (*Eschrichtius robustus*), la de aleta (*Balaenoptera physalus*), la jorobada (*Megaptera novaeangliae*) la azul (*Balaenoptera musculus*) se encuentran durante el invierno y primavera, mientras que el rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) está presente durante la primavera, el verano y parte del otoño cuando las aguas se tornan más claras y templadas.

Otro grupo importante son las aves en las que se reportan 234 aves residentes a nivel estatal y en la zona costera fuera del AE, se reportan tres especies *Glaucidium brasilianum*, *Campylorhynchus brunneicapillus*, *Icterus pustulatus microstictus* y *Butorides striatus*. En cuanto a las especies migratorias se reportan 176 especies en las que también se incluyen migratorias parciales, entre la familia de aves que destacan son Anatidae y las especies reportadas para Guaymas son *Aythya affinis*, *A. americana*, *A. marila* y *A. valisineria*.

### **Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

Bibliográficamente se reportan 53 especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. En el Cuadro IV.2, se enlistan las especies a nivel de región y que consecuentemente incluye el AE. Dentro del Área de Operaciones no se encontraron especies en alguna categoría de protección.

Asimismo, no hay especies incluidas en algún apéndice del CITES en el área de Operaciones (CITES, 2011).

En el municipio de Guaymas, las especies con valor utilitario o de aprovechamiento, así como el valor utilitario de la fauna marina es muy importante, la pesca es una de las principales fuentes de ingresos; con gran capacidad instalada para captura, transformación y comercialización. Aporta el 70% de la producción pesquera total estatal, siendo las principales especies capturadas, la sardina (*Sardina pilchardus*), el camarón (*Caridea*), calamares (*Teuthida*), el pez vela (*Istiophorus spp*), el pez dorado (*Carassius auratus*) y atún (*Thunnus spp*).

### **Derrame de ácido sulfúrico.**

En relación con el derrame de ácido sulfúrico ocurrido el 09 de julio de 2019, se realizó un recorrido de reconocimiento con objeto de verificar si el sitio donde se manifestó el efecto sobre algas y posiblemente invertebrados, en el talud de la plataforma del pateo, en contacto con el mar. La Figura IV.23 muestra imágenes tomadas días después del derrame, en las se aprecia el efecto del derrame. La Figura IV.24 presenta imágenes de marzo de 2020, donde se observa la ausencia de tales efectos, lo que es indicativo de la recuperación habida.



**Punto de salida del ácido sulfúrico al mar (rastros color amarillento)**



**Plataforma del pateo del talud**

Figura IV.23.- Punto del derrame.



Figura IV.24.- Mismos sitios ilustrados en la Figura IV.23, donde se observa la ausencia de efectos del derrame.

### IV.2.3 Paisaje

El paisaje es la expresión espacial y visual del medio. Es un recurso natural escaso, valioso y con demanda creciente, fácilmente depreciable y difícilmente renovable. El paisaje visual considera la estética y la capacidad de percepción por un observador. Para evaluar un paisaje existen diferentes métodos y procedimientos; aquí se propone un método mixto con valoración directa de subjetividad representativa y análisis posterior indirecto con análisis de componentes principales.

La técnica de valoración del paisaje en el presente análisis corresponde a un enfoque que apunta al concepto de paisaje visual, considerando más la estética y la capacidad de percepción del paisaje de un observador.

Para evaluar el paisaje existen tres métodos: [i] los métodos directos; [ii] los métodos indirectos; y [iii] los métodos mixtos, los cuales se describen a continuación:

- (i) **Métodos directos:** son aquellos elaborados por un profesional de probada experiencia, el cual con sólo ver el paisaje realiza una evaluación de éste. Este método analiza exclusivamente la calidad visual del territorio.
- (ii) **Métodos indirectos:** En estos métodos el paisaje se analiza a través de sus componentes (abiótico, biótico y social), para lo cual es importante definir la escala de trabajo.

- (iii) Métodos mixtos: Estos son los más subjetivos y usados, ya que combinan los métodos directos e indirectos. Esta metodología valora los recursos visuales, la ordenación del territorio, la calidad visual y la fragilidad (SERNATUR, 2006).

Si bien la evaluación del paisaje busca precisar los impactos (positivos y negativos) que se generan por la implementación de un proyecto determinado, para el caso que nos ocupa es necesario recordar, que el Recinto Portuario de Guaymas, se encuentra en operación desde hace varias décadas, así como el hecho de que corresponde a una instalación de acceso restringido, por lo que su aplicación resulta poco práctica.

No obstante, lo señalado, la evaluación se realiza bajo la premisa de que cualquier espectador tuviera acceso al Área de Operaciones. Para evaluar el paisaje en el Área de Operaciones se utilizó un método mixto, evaluando la visibilidad, la calidad paisajística y la fragilidad del paisaje.

### **Unidades y elementos de paisaje**

El sistema ambiental dentro del Área de Estudio muestra diferentes elementos paisajísticos y estos varían desde naturales hasta artificiales. De manera general la mayor parte del sistema ambiental se encuentra perturbado por actividades humanas, aunque aún se conservan varias zonas que muestran una alta naturalidad.

El uso de suelo dominante en el Área de Estudio es industrial y urbano y regionalmente, se incluyen la agricultura, la pesca y el crecimiento urbano, por lo que el Área de Operaciones se considera como zona urbana. La vegetación que se presenta en esta área es muy escasa, solo se observan manchones de plantas colonizadoras, residuales e introducidas.

A la escala del Área de Estudio, hacia las partes altas del cerro El Vigía y áreas como los islotes o en las laderas de los cerros cercanos al Área de Operaciones se presenta vegetación de tipo Matorral Sarco Crasicaule y Matorral Sarcocaula, este es dominante en el estrato arbóreo con altura máxima de 2 a 5 m compuesto por especies como palo verde (*Parkinsonia microphylla*), Cardón (*Pachycereus pringlei*), torote (*Bursera microphylla*), palo fierro (*Olneya tesota*), huisache (*Acacia farnesiana*), mezquite (*Prosopis juliflora*, *P. velutina*) y ocotillo (*Fouquieria splendens*). Sin embargo, los puntos de observación son reducidos o poco accesibles para la mayoría de los observadores, sobre todo en los sitios donde las construcciones y el estrato arbóreo actúan como barrera visual obstaculizando la visibilidad.

En la Bahía de Guaymas se encuentra pequeñas islas (Islas Almagre Grande, Almagre Chico y La Batea), en las cuales se puede observar vegetación Matorral Sarco Crasicaule y Matorral Sarcocaula donde la especie dominante es el *Pachycereus pringlei* (Cardón), este elemento aumenta la calidad paisajística de la zona.

Dentro del AE no existen Áreas Naturales Protegidas o sitios considerados de valor arquitectónico o cultural. Dentro del Área de Estudio predomina un paisaje urbano - industrial que es definido por elementos poblacionales, infraestructura y el desarrollo de los sectores económicos (secundario y terciario), restando naturalidad al entorno y un posible deterioro del medio circundante. Las topoformas dentro del AE y sus alrededores son elementos sobresalientes del paisaje. El relieve que rodea está determinado por sierra con pendientes pronunciadas y con buena cubierta vegetal, se observan alturas máximas de 303 msnm en el Norte del AE, bajando hasta el nivel del mar al Sur del AE.

### **Calidad paisajística**

La calidad paisajística se determina a través de la evaluación de la estética que posee cierto tipo de paisaje, la cual por cierto está condicionada por un alto grado de subjetividad. Se evalúan diferentes elementos paisajísticos como la morfología, la vegetación, presencia de agua, intervisibilidad y altitud.

El análisis incluye la calidad visual intrínseca de un paisaje, calidad visual del entorno inmediato, situado a una distancia de 500 y 700 m y la calidad de las vistas escénicas (Gayoso y Acuña, 1999).

La evaluación de la calidad paisajística en el área de Operaciones se realizó utilizando el modelo de Rojas y Kong (1998, en SERNATUR, 2006). Este método define calidad paisajística como un método indirecto de evaluación que separa y analiza de forma independiente a los factores que conforman el paisaje (biótico, abiótico, estético y humano). Estos factores se estiman en relación con su forma, color, línea, textura, escala, conformación espacial, y grado de perturbación (SERNATUR, 2006).

### **Análisis de visibilidad**

La visibilidad o análisis de visualización consiste en realizar un análisis espacial del lugar, tomando en cuenta sus formas, vistas, etc. En otras palabras, se analizan cuencas visuales (SERNATUR, 2006). La cuenca visual de un punto se define como la zona que es visible desde ese punto. Es decir, corresponde a la superficie observada desde distintos puntos de observación, determinados en terrenos y que, en conjunto, permiten definir un área espacialmente autocontenida (SERNATUR, 2006). La accesibilidad visual a una porción del territorio tiene relación directa con los elementos físicos (relieve) y bióticos (vegetación) presentes en el paisaje y cómo éstos se transforman en barreras visuales para los usuarios del recurso. A esto, se deben sumar las posibilidades de accesibilidad física (distancia) que tengan los observadores a las distintas porciones del territorio.

### **Cuenca visual**

La determinación de la cuenca visual resulta de gran importancia para la evaluación posterior de impactos visuales que puede provocar un proyecto. El estudio de la cuenca visual orientado a establecer valoraciones de fragilidad visual tiene en cuenta su tamaño, compacidad y forma. Un punto es más vulnerable cuanto más visible es, cuanto mayor es su cuenca visual. Las cuencas visuales con menor número de huecos, con menor complejidad morfológica, son más frágiles. Las cuencas visuales más orientadas y alargadas son más sensibles a los impactos, pues son visualmente más vulnerables que las cuencas redondeadas, debido a la mayor direccionalidad del flujo visual (Gayoso y Acuña, 1999).

La cuenca visual dentro del Área de Estudio está delimitada por las Sierra Escarpada Compleja, al norte y en pequeñas áreas al Oeste. El Área de Operaciones es ampliamente visible desde los puntos más elevados dentro del AE, por lo general la vegetación no actúa como un obstáculo importante a la visibilidad desde algún punto central.

En general, el Área de Estudio se observa una pendiente de Norte a Sur de relieves abruptos a suaves, similares a una geoforma de piedemonte, que presenta una inclinación gradual y regular desde 15° - 20° en la porción alta del cerro El Vigía y hasta menos de 7.5° hacia la base que finalmente alcanza la planicie costera. Se extiende aproximadamente de los 300 hasta los 5 msnm, sin interrupción. En el nivel superior, una superficie cortada por una red de barrancos encajados,

predominan los procesos erosivos, mientras que en el piedemonte inferior se producen los procesos de acumulación, donde la pendiente (área urbana) se hace gradualmente más somera, hasta desaparecer o perderse en la base.

El Área de Estudio está conformada por una cadena de cerros que forman parte del extremo Superior del cerro El Vigía al Norte y del cerro El Cabezón al Oeste. Son una amplia base de lomeríos de pendientes abruptas a moderadas, formados de roca intercalados con materiales poco consolidados, lo que permite la formación de barrancas y cañadas de distintas profundidades y anchuras (Rzedowski *et al.*, 2001), observándose actualmente, un alto grado de deterioro ecológico de origen antrópico.

El Área de Operaciones, se localiza dentro de los límites de la zona urbana, en un área de planicie costera, en donde el paisaje natural ha sido modificado de tal suerte que es posible observar un fuerte deterioro de tipo antrópico producto del desarrollo y operación del Puerto de Guaymas; sin embargo, se conserva una prominencia interior del cerro La Ardilla. La fauna silvestre ha sido eliminada o desplazada y la vegetación primaria eliminada, observándose principalmente especies de aves adaptadas a medios urbanos y ocasionales.

### Evaluación de la Calidad del Paisaje.

El análisis de la calidad visual se realizó utilizando la adaptación de los métodos aplicados por USDA Forest Service (1974) y Bureau of Land Management de Estados Unidos (1980), la que otorga tres niveles de calidad visual a una selección de los principales componentes del paisaje, lo que permite valorar la calidad actual del paisaje en el Área de Operaciones (Cuadro IV.3).

Cuadro IV.3.- Matriz evaluación de la calidad del paisaje.

Elemento valorado	Calidad visual alta	Calidad visual media	Calidad visual baja
Morfología o topografía	Pendientes de más de un 30%, estructuras morfológicas muy modeladas y de rasgos dominantes y fuertes contrastes cromáticos.	Pendientes entre 15 y 30%, estructuras morfológicas con modelado suave u ondulado.	Pendientes entre 0 a 15% dominancia del plano horizontal de visualización, ausencia de estructura de contraste o jerarquía visual.
Fauna	Presencia de fauna permanente en el punto de observación	Presencia de fauna esporádica en el punto de observación.	Ausencia de fauna en el punto de observación.
Vegetación	Presencia de vegetación con dominancia visual.	Presencia de vegetación.	Ausencia de vegetación.
Formas de agua	Presencia de cuerpos de agua, significativa en la estructura global del paisaje	Presencia de cuerpos de agua.	Ausencia de cuerpos de agua.
Acción antrópica	Libre de actuaciones antrópica estéticamente no deseadas.	La calidad escénica esta modificada en menor grado por obras, no añaden calidad visual	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad escénica.
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia e incrementa el conjunto.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad estética del conjunto.	El paisaje circundante no ejerce influencia visual al conjunto.
Variabilidad cromática	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables entre suelo, vegetación roca y agua.	Alguna variedad e intensidad en color y contrastes del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores homogéneos o continuos.

Elemento valorado	Calidad visual alta	Calidad visual media	Calidad visual baja
Singularidad o rareza	Paisaje único, con riqueza de elementos singulares.	Característico, pero similar a otros de la región	Paisaje común, inexistencia de elementos únicos o singulares

### Evaluación de la Fragilidad Visual.

La fragilidad visual es la capacidad de respuesta de un paisaje frente a un uso de él. Es el grado de deterioro ante cambios en sus propiedades. Esta es una forma de establecer su vulnerabilidad. Lo contrario es la capacidad de absorción visual (sensu Escribano et al. 1991), entendida como la capacidad de recibir alteraciones sin deterioro de la calidad visual. Entonces, a mayor fragilidad menor capacidad de absorción visual y viceversa.

Para el análisis de la fragilidad visual, se aplicó el modelo general de fragilidad visual (Escribano et al. 1987), en el que son analizados y clasificados los paisajes o porciones de él, en función de una selección de los principales componentes del paisaje, divididos en 4 factores.

Escala de valores: **Alta:** Baja capacidad de absorción visual  
**Media:** Capacidad de absorción visual moderada.  
**Baja:** Alta capacidad de absorción visual.

De acuerdo con lo descrito, el Cuadro IV.4 contiene la evaluación de la fragilidad visual.

Cuadro IV.4.- Matriz de evaluación de la fragilidad visual.

FACTORES	ELEM. DE INFLUENCIA	ALTA	MEDIA	BAJA
Biofísicos	Pendiente	Pendientes de más de un 30%, terrenos con un dominio del plano vertical de visualización.	Pendientes entre 15 y 30%, Terrenos con modelado suave u ondulados.	Pendientes entre 0 a 15%, terrenos con plano horizontal de dominancia visual.
	(Vegetación) densidad	Grandes espacios sin vegetación. Agrupaciones aisladas. Dominancia estrato herbácea.	Cubierta vegetal discontinua. Dominancia de estrato arbustiva o arbórea aislada	Grandes masas boscosas. 100% de ocupación de suelo.
	(Vegetación) Contraste	Vegetación monoespecífica, escasez vegetal, contrastes poco evidentes	Diversidad de especies media con contrastes evidentes, pero no sobresalientes	Alto grado en variedad de especies, contrastes fuertes gran estacionalidad de especies
	(Vegetación) Altura	Vegetación arbustiva o herbácea, no sobrepasa los 2 m de altura.	No hay gran altura de las masas (-10 m) baja diversidad de estratos.	Gran diversidad de estratos. Alturas sobre los 10 m.
Visualización	Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter cercana o próxima (0 a 1000 m). Dominio de los primeros planos.	Visión media (1000 a 4000 m). Dominio de los planos medios de visualización.	Visión de carácter lejano o a zonas distantes > a 4000m.
	Forma de la cuenca visual	Cuencas alargadas, generalmente unidireccionales en el flujo visual.	Cuencas irregulares, mezcla de ambas categorías.	Cuencas regulares extensas, generalmente redondeadas.

FACTORES	ELEM. DE INFLUENCIA	ALTA	MEDIA	BAJA
	Compacidad	Vistas panorámicas, abiertas. El paisaje no presenta elementos que obstruyan los rayos visuales.	El paisaje presenta zonas de menor incidencia visual, pero en un bajo porcentaje	Vistas cerradas u obstaculizada. Presencia constante de zonas de sombra o menor incidencia visual.
<b>Singularidad</b>	Unicidad de paisaje	Paisajes singulares, notables con riqueza de elementos únicos y distintivos.	Paisajes de importancia visual pero habitual, sin presencia de elementos singulares.	Paisaje común, sin riqueza visual o muy alterados.
<b>Accesibilidad</b>	Visual	Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción.	Visibilidad media, ocasional, combinación de ambos niveles.	Baja accesibilidad visual; vistas repentinas, escasas o breves.

El Área de Estudio presenta una calidad paisajística media - alta, lo que se deriva de las condiciones que prevalecen en el sistema, la vegetación remanente es el elemento que más influye en la Calidad Paisajística principalmente por la densidad que presenta el Matorral Sarco Crasicaule y Matorral Sarcocaula que se encuentra conservado en las partes altas del AE.

La fragilidad del paisaje en donde se encuentra el Área de Operaciones es media - alta lo que implica que se trata de un paisaje con características de moderada a baja capacidad de absorción visual considerando que, la cuenca visual desde el sitio es amplia sin dominio de los primeros planos de visión, con pendientes pronunciadas en los cerros el Cabezón y El Vigía hacia el Norte – Oeste, donde el paisaje presenta un relieve montañoso. Además, es posible ver zonas distantes y las vistas panorámicas son abiertas con una combinación en el flujo visual.

Así mismo, la singularidad del paisaje es media presentando importancia visual pero habitual con una accesibilidad visual sin mayores restricciones.

En conclusión, analizando los factores y características de la cuenca visual, calidad paisajística y fragilidad, se puede determinar que el Área de Estudio no será modificada, y que el Área de Operaciones, se encuentra integrada a la escénica actual, por lo que no presenta características importantes que le den un alto valor al paisaje con respecto de los presentes y dominantes en la zona.

#### IV.2.4 Medio socioeconómico

##### a) Demografía

El estado de Sonora cuenta con una extensión territorial de 179.355 km<sup>2</sup>, lo que representa el 9.1% de la superficie del territorio nacional, se compone de 72 municipios en los cuales, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda realizado por INEGI en 2010, se alberga al 2.4% de la población nacional (2'662,480 habitantes), siendo la capital el municipio de Hermosillo. El AE se ubica en el municipio de Guaymas.

El municipio de Guaymas se localiza al suroeste del Estado de Sonora, entre los paralelos 27°31' y 28° 38' de latitud norte; los meridianos 110° 03' y 111° 24' de longitud oeste y se encuentra a una altura que va de los 0 y 1 a los 1,100 m.s.n.m. Colinda al norte con el municipio de La Colorada, al este con el municipio de Suaqui Grande, Cajeme y BÁCUM, al noreste con el municipio de

Hermosillo y al suroeste con el Golfo de California, sobre este último en una longitud de litoral de 175 km. De acuerdo con el Ayuntamiento municipal Guaymas tiene una superficie continental de 12,206.18 km<sup>2</sup>, equivalente al 6.58% de la superficie de Sonora.

Según el Censo 2010, el municipio de Guaymas alcanzó un total de 149,299 habitantes, los cuales representan el 5.61% de la de Sonora. Esta población se encontraba distribuida en 358 localidades, sin embargo, la mayor parte de la población del municipio se concentró ese mismo año en 41 localidades, las cuales registraron cada una población superior a 100 habitantes y en conjunto sumaron el equivalente al 98.32% de la población del municipio (146,797 habitantes). Entre estas localidades destaca la ciudad de Guaymas, por ser la localidad urbana que concentra al 75.74% de la población del municipio, con 113,082 habitantes.

En importancia por su tamaño poblacional, le siguen otras localidades como Vícam que concentra el 6.27% del municipio (9,364 hab.), Pótam con el 4.30% (6,417 hab.), San Carlos Nuevo Guaymas con el 1.52% (2,264 hab.), Guásimas con el 1.21% (1,804 hab.), Santa Clara con el 1.18% (1,756) y Ortiz con el 0.74% del municipio (1,112 hab.). Existen otras localidades que son también relevantes por ser considerados puntos de referencia o por la importancia que en años anteriores tuvieron para la región, como es el caso de Tórim, La Misa, San José de Guaymas, entre otras.

En los últimos 20 años la población del municipio de Guaymas reflejó un crecimiento absoluto del 15.65%, manteniendo en la mayoría de los periodos tasas de crecimiento positivas, a excepción de 1995-2000, en el que obtuvo un decrecimiento anual del 0.65%; sin embargo, esta pérdida de población es producto de la separación del municipio de San Ignacio Río Muerto del municipio de Guaymas en 1996, en el cual éste último no sólo reflejo una pérdida de territorio sino también de habitantes.

### **Densidad poblacional.**

Conforme a los registros del ayuntamiento, el municipio de Guaymas cuenta con una superficie continental de 12,206.18 km<sup>2</sup>, lo que equivale a una densidad de población para el 2010 de 12.23 habitantes por kilómetro cuadrado. Sin embargo, en la cabecera municipal la densidad asciende a 3,372 habitantes por kilómetro cuadrado, debido a que esta ciudad es la que concentra la mayor parte de la población municipal.

INEGI, específicamente el programa IRIS-SCINCE 2010<sup>2</sup>, ha identificado que dentro de la ciudad de Guaymas la mayor concentración de población se tiene en la periferia noroeste de la ciudad, en la zona contigua al aeropuerto. Esta área se conforma principalmente por nuevos conjuntos habitacionales de vivienda en serie, comúnmente conocidos como “fraccionamientos”. Este tipo de desarrollos habitacionales tienen como característica la concentración de un mayor número de viviendas, ya que el objetivo principal de los desarrolladores inmobiliarios de estos proyectos es el mayor aprovechamiento del suelo con la generación de la mayor superficie de área vendible posible. Dentro de este sector, el AGEB<sup>3</sup> que reflejó la mayor densidad poblacional fue el compuesto por las colonias Linda Vista, Valle Bonito y Panteón- Cereso, las cuales alcanzaron una densidad aproximada de 19,539 hab/km<sup>2</sup>, en concentración de población le sigue la colonia Vista Dorada, equivalente a un aproximado de 16,163 hab/km<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> IRIS-SCINCE = Información Referenciada geoespacialmente Integrada en un Sistema – Sistema para la Consulta de Información Censal.

<sup>3</sup> AGEB=Área Geoestadística Básica.

Dentro de la mancha urbana ya consolida existen otras colonias que también concentran a un importante número de población, como es el caso de las colonias Monte Lolita, Punta Arenas, Golondrinas que tienen una densidad de 3,184 hab/km<sup>2</sup>, La Cantera, San Gilberto, El Rastro, San José con 4,281 hab/km<sup>2</sup>, Las Juntas y Fovissste con 6,023 hab/km<sup>2</sup>.

Cabe destacar que la mayoría de estas colonias se ubican en faldas de cerros, zonas clasificadas como de riesgo por desgajamientos y algunas cuentan con una importante concentración de viviendas precarias, como es el caso de las colonias Monte Lolita, La Cantera, San José y San Gilberto.

En contraste, la menor densidad de población se da en el área del Puerto, en la colonia Termoeléctrica, en la zona de La Península, Las Playitas, Varadero y parque industrial Sánchez Taboada; así como en los fraccionamientos de alto nivel socioeconómico, como es el caso de Miramar, Lomas de Miramar y Marina de Miramar.

En la actualidad, la población del municipio es predominantemente joven, al 2010 del total de habitantes registrados se identificó que el 28.11% tiene entre 0 y 14 años, el 65.16% tiene de 15 a 64 años y sólo el 6.52% tiene 65 años o más. Dentro del municipio destacan algunas localidades que muestran proporciones de niños o de adultos mayores, superiores a la municipal, como Guadalupe, Baugo, Guasimitas y Casas Blancas que destacan por tener la proporción más elevada de población infantil del municipio; así como La Misa, San Carlos y Guadalupe Victoria que sobresalen por tener la proporción más alta de población de 65 años o más.

Dentro de la ciudad, la mayor concentración de población joven se da en las zonas de más reciente creación, como los fraccionamientos ubicados en la periferia noroeste, entre los que se encuentran las colonias Linda Vista, Los Arrecifes, Valle Bonito, Villas del Puerto, Atardeceres, Juan Francisco Márquez, Vista Dorada y Ampliación Loma Linda. Otro sector que también concentra una mayor proporción de población de 0 a 14 años es el de la colonia Marina Miramar y El Dorado, así como las colonias Periodista y Las Colinas. Por el contrario, la mayor concentración de adultos mayores (de 65 años y más) es la correspondiente a la zona Centro, también área fundacional de la ciudad. La pirámide poblacional para el municipio de Guaymas se ilustra en la Figura IV.25.

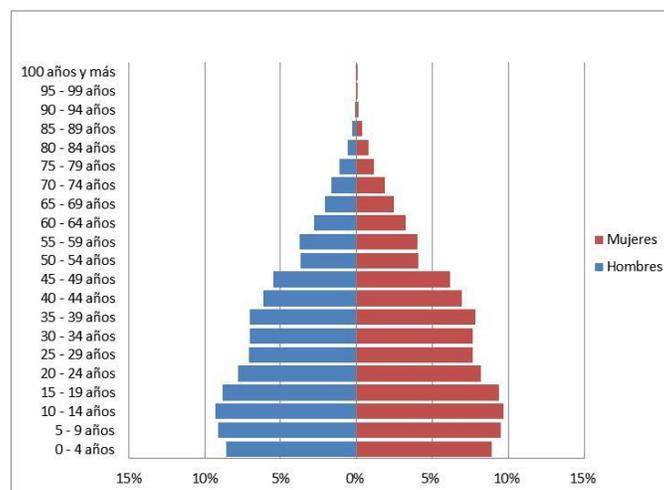


Figura IV.23. - Pirámide poblacional para el municipio de Guaymas.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda (2010); Principales resultados por localidad (ITER).

En cuanto a la mortalidad, al 2009 el INEGI reportó para este municipio un total de 826 defunciones que, al considerar, a la tasa de crecimiento del último periodo, una población estimada al 2009 de 145,139, se traduce en una tasa de mortalidad de 5.69% la cual es considerada baja.

## **b) Factores socioculturales**

### **Economía y empleo**

Un elemento que permite calificar a la población es su inserción dentro de la economía. La población económicamente activa (PEA) e inactiva (PEI), respecto a la población total en el municipio de Guaymas, el 54.5% se encuentra activa y el 45.5% e inactiva (48,073 y 40,135 respectivamente). De acuerdo con el INEGI (2010) la PEA se refiere a las personas de 12 años y más que realizan algún tipo de actividad (población ocupada) o que buscan incorporarse algún tipo de empleo (población desocupada), mientras que en la población económicamente inactiva (PEI) quedan comprendidos aquellos individuos que dedican su tiempo a actividades como estudiar o quehaceres del hogar, pero sin realizar actividad alguna conducente a generar bienes o servicios para el estado (INEGI, 2002b). Con esta base, para la mayoría de las localidades del AE existe un mayor número de PEA, dado que, como se mencionó anteriormente, existe un aumento notable en la población en edad de trabajar, situación que también se puede deber a un creciente número de inmigrantes que llegan a vivir a la cabecera municipal de Guaymas para buscar incorporarse en la industria pesquera, cuya actividad ofrece un creciente número de empleos.

Es por lo que la PEA ocupada representa el 93.9%, mientras que el 6.1% corresponde a la población desocupada. De acuerdo con el INEGI (2010) la población ocupada se enfoca en un 13.3% al sector primario (actividades primarias), el 30.8% al sector secundario (industria), el 54.9% al sector terciario (servicios) y el 1.1% sin actividad específica.

Ahora bien, desde una perspectiva estatal, Sonora aporta el 2.6% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, desarrollándose principalmente en el sector terciario correspondiente a servicios. Las actividades con una mayor aportación al PIB estatal son la industria manufacturera (19.87%), comercio, restaurantes y hoteles (17.56%), y servicios financieros e inmobiliarios (12.16%), según el Sistema de Cuentas Nacionales de México (INEGI, Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 2005-2009).

### **Analfabetismo.**

Con respecto del censo del 2010, se tiene que del total de población de 15 años y más registrada en el municipio, el 3.48% no sabe leer ni escribir (3,728 hab.) y el 4.07% no cuenta con ningún grado de escolaridad aprobado, se identificó que el 10.76% de la población en este rango de edad tiene como máxima escolaridad hasta el quinto grado aprobado de primaria (11,520 hab.) como máxima escolaridad. Respecto al nivel secundaria, en el municipio el 6.55% de la población de 15 años o más tiene hasta segundo grado de secundaria como nivel máximo.

Para ese mismo año el 40.66% de la población en este rango de edad, alcanzó como nivel máximo de estudios algún grado aprobado en preparatoria o bachillerato; normal básica, estudios técnicos o comerciales con secundaria terminada; estudios técnicos o comerciales con preparatoria terminada; normal de licenciatura; licenciatura o profesional; maestría o doctorado (40,073 hab.).

Cabe destacar que la cabecera municipal fue la localidad que alcanzó los porcentajes más bajos de analfabetismo y de población con ningún grado de escolaridad en todo el municipio. Mientras que las localidades rurales de la etnia Yaqui, como Guasimitas, Casas Blancas, Pitahaya (Belem), Compuertas, Bobojori, Vícam Pueblo, entre otras destacaron por obtener los porcentajes más elevados en este tema. Mientras tanto, la ciudad de San Carlos Nuevo Guaymas destacó por obtener el mayor grado promedio de escolaridad.

## **Servicios**

- **Salud**

La atención médica es prestada a la población de las localidades del AE por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) y el Seguro Popular, este último está encargado de prestar el servicio a la población no derechohabiente que no se encuentra afiliada a ninguna institución de salud pública.

La población derechohabiente por institución de salud pública, así como la población no derechohabiente respecto a la población total de las localidades del AE. Aquí se observa que, de la población derechohabiente, 66,369 habitantes los concentra el IMSS, 9,832 el Seguro Popular (ahora INSABI), y 6,109 el ISSSTE. Esto revela, en el caso de los afiliados al IMSS, la inserción laboral de personas a empresas privadas bajo un esquema de aportaciones obrero-patronales, en tanto, el número de afiliados al Seguro Popular indica las personas que no cuentan con un trabajo bajo un régimen asalariado. Es de destacar que, de la población total, sólo 21,109 habitantes no se encuentran registrados como derechohabientes a algún servicio de salud pública.

- **Educación.**

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, la media del grado promedio de escolaridad para las localidades de referencia del AE es de 9.63 años de estudio, lo que representa un nivel escolar regular. De cada 100 habitantes de entre 15 y 24 años, 2 no saben leer y ni escribir, mientras que 2 de cada 100 personas de entre 6 y 11 años no asisten a la escuela.

- **Marginación**

La marginación es un fenómeno multidimensional y estructural originado, en última instancia, por el modelo de producción económica expresado en la desigual distribución del progreso, en la estructura productiva y en la exclusión de diversos grupos sociales, tanto del proceso como de los beneficios del desarrollo (CONAPO, 2011). De acuerdo con INEGI, los indicadores para medir el índice y grado de marginación de un municipio son el total de población, el nivel de alfabetismo y los servicios disponibles en cada una de las viviendas.

Por su parte, la CONAPO (2010) indica que el índice y grado de marginación es una medida que permite diferenciar entidades federativas, municipios y localidades según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas y la percepción de ingresos monetarios insuficientes. Con esta base, el grado de marginación para el municipio de Guaymas donde se ubica el AE es muy bajo, lo que significa un nivel deseable en comparación con otros municipios del estado como Quiriego.

Al igual que el grado de marginación municipal, la localidad Heroica Guaymas cuenta con un nivel muy bajo en comparación con otras localidades, que a pesar de su cercanía carecen de servicios elementales, como energía eléctrica, excusados y agua entubada.

- **Factores socioculturales**

Según el Censo de Población y Vivienda 2010 realizado por INEGI, una población de 94,941 habitantes profesa la religión católica, 10,252 de religiones protestantes, evangélicas y bíblicas, 38 de religiones orientales (Judaico, Islámico, New Age, Escuelas esotéricas, Raíces étnicas, Espiritualistas, Ortodoxos, otros movimientos religiosos y cultos populares) y 7,138 habitantes no cuentan con alguna religión (INEGI, 2010).

Con respecto a las costumbres y tradiciones, estas se concentran principalmente en la cabecera municipal de Guaymas. En esta localidad se celebra el 1 de julio la fiesta cívica del día de la marina. El 24 de junio se festeja la fiesta de San Juan Bautista en la que las localidades rurales de la etnia Yaqui y Mayo (Guasimitas, Casas Blancas, Pitahaya, Compuertas, Bobojori, Vícam Pueblo, entre otras), lo celebran bañándose en el río. En esta misma fecha se celebra el carnaval internacional del pueblo, al que acuden regularmente gente de los estados americanos de Arizona y California. Los actores principales en el carnaval, provienen de las familias de antaño.

Entre la gastronomía del municipio destaca la carne asada, las tortillas de harina, huacayaqui y mariscos, al igual que dulces de calabaza y jamoncillo (INAFED, 2015).

#### **IV.2.5 Diagnóstico ambiental**

Basado en lo expuesto en este capítulo se analizan los principales componentes físicos, bióticos y socioeconómicos del Área de Estudio (AE) y del Área de Operaciones, haciendo énfasis en el grado de conservación mediante un análisis de valoración de los diferentes componentes y sus capacidades de asimilar potenciales impactos ambientales (homeostasis y resiliencia). En general, se puede mencionar que existen diversos agentes de presión sobre el sistema ambiental, todos derivados de la actividad humana que es el principal modificador del sitio. La industria, pesca, agricultura y turismo traen consigo acciones como la constante perturbación en el litoral y los islotes o pequeñas islas que aún mantienen vegetación de origen.

##### **a) Integración e interpretación del inventario ambiental**

Para abordar el diagnóstico ambiental, es necesario realizar una breve descripción de los componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos que se presentan en el Área de Estudio. En el siguiente Cuadro IV.5 se muestran los diferentes componentes del sistema ambiental por separado y se describen sus características más destacadas, así como las interacciones con otros elementos y la capacidad de asimilación de impactos. Se incluye el riesgo que tiene cada elemento de ser afectado por las obras presentes en el Área de Operaciones.

Cuadro IV.5.- Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Área de Estudio, y descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales provocados en el Área de Operaciones (AO).

Componente del Sistema Ambiental	Caracteres notables	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación	Riesgo de afectación por las obras y actividades del Área de Operaciones
Clima	El AE presenta un clima muy árido semicálido BW(h')w. Clima muy árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% de la anual.	El clima está determinado por varios factores, entre los que se encuentran la altitud sobre el nivel del mar, la latitud geográfica, las diversas condiciones atmosféricas y la distribución existente de tierra y agua. Los elementos del clima (precipitación, evaporación, temperatura, viento) tienen una gran influencia a los componentes del AE, como se manifiesta en el tipo de vegetación, en el desarrollo y humedad de suelo o en la manera de escurrimiento provocando una erosión (eólica o hídrica) más o menos significativa. Diferentes servicios ambientales pueden variar en función de los factores que determinan el clima. La regulación del clima de los ecosistemas corresponde a un servicio ambiental muy importante, ya que la mayor parte de los componentes de cualquier ecosistema son sensibles a las condiciones climáticas. Un cambio en la cobertura vegetal puede provocar alteraciones en el microclima; la remoción de la cobertura vegetal provoca cambios de los patrones energéticos (el flujo latente y sensible) y el albedo (Chapin et al., 2002). Estos cambios se pueden mostrar por un aumento de temperatura y reducción de precipitación.	Climáticamente el área de Operaciones representa la ocupación de una superficie con una importante proporción de concreto y pavimento cuyo albedo es superior al natural. Es decir, se tiene una mayor reflexión de la radiación solar incidente y una mayor cantidad de energía radiada en el atardecer y por la noche una vez que ha disminuido o cesado la intensidad de la radiación solar incidente. No obstante, la superficie en la que esto ocurre es baja (recuérdese que el predio ocupado por la empresa es de 45,159.40 m <sup>2</sup> ) además de que al encontrarse en el litoral recibe la brisa marina lo que reduce el efecto calórico derivado del cambio en el albedo, de aquí que el efecto sobre el microclima se estime irrelevante. Otro factor es la alteración a la calidad del aire por emisiones de contaminantes. El manejo de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> no conlleva la realización de proceso alguno de transformación, de modo que no se tienen emisiones a la atmósfera. Un posible derrame de la sustancia también se anticipa irrelevante para la calidad del aire, ya que el H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tiene muy baja presión de vapor, de modo que prácticamente no se evaporaría. Las únicas emisiones se tienen a partir de los vehículos automotores que ingresan a las instalaciones (FFCC, pipas y automóviles). Sin embargo, el flujo es muy reducido y de baja frecuencia, por lo que lo que estas emisiones son de baja magnitud, y se dispersan con facilidad, dadas las condiciones climáticas y meteorológicas del sitio, donde la velocidad media del viento es 4.44 m/s, y las direcciones predominantes son mar adentro, de modo que los fenómenos de dispersión y dilución se ven favorecidos, además de que la dirección es hacia lugares donde no hay receptores expuestos.	<b>Muy bajo</b>

Cuadro IV.5.- Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Área de Estudio, y descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales provocados en el Área de Operaciones (AO).

Componente del Sistema Ambiental	Caracteres notables	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación	Riesgo de afectación por las obras y actividades del Área de Operaciones
<b>Relieve y geomorfología</b>	<p>El AE y el AO fisiográficamente se localizan en el Sur de la Provincia Fisiográfica “Llanura Sonorense” que se encuentra en la Subprovincia Fisiográfica “Sierras y Llanuras Sonorenses”.</p> <p>En el AE se observan alturas máximas de 303 msnm en el Norte del AE bajando al nivel del mar en el Sur del AE. La pendiente registrada en el AE alcanza valores hasta 50% (en las laderas de los cerros) con un promedio de 11% en dirección Norte-Sur representa un relieve montañoso en el norte y en el sur de llanura costera. El área ocupada por el AO se encuentra a una elevación máxima de 15 msnm, 4 a 6 m en promedio sobre el terreno del Recinto Portuario.</p>	<p>Las unidades geológicas y el desarrollo tectónico del sitio determinan la imagen paisajística con las diferentes topografías geomorfológicas y el relieve las cuales en combinación con los elementos climatológicos influyen en el nivel de erosión hídrica y eólica. En caso de precipitaciones máximas se pueden generar aumentos en la escorrentía de forma turbulenta y según el material geológico el volumen arrastrado. Para mitigar el efecto de erosión hídrica, la vegetación juega un rol importante. En zonas donde la densidad vegetal es mayor, la erosión del suelo por el agua es menor.</p>	<p>En el AE se identificaron dos sistemas de topografías de las cuales la mayor área ocupa la “Sierra Escarpada Compleja” de las cuales los cerros El Cabezón y El Vigía forman el límite Norte del AE. Al sur del AE se localiza la “Bajada con Lomerío”.</p> <p>Para el AO se encuentra a una elevación de 15 msnm, 4 a 6 m sobre el terreno de las operaciones del puerto. Tiene influencia en el relieve la presencia de los Tanques T8, T-9, T-10, y T-11 localizados en la cima del Cerro de la Ardilla, y en la parte baja la terminal de recepción y el tanque T-7.</p> <p>En general no se presenta riesgo de deslizamientos ni derrumbes en la zona. Como resultado de las actividades del Área de Operaciones, el relieve está cubierto con concreto, por lo que la erosión no es un factor que considerar.</p>	<b>Bajo</b>
<b>Suelo</b>	<p>La mayor porción en el AE se presentan suelos Leptosoles los cual se distribuyen en los cerros que limitan el AE y en sus laderas. Bajando los cerros, parcialmente ocupando la zona urbana e industrial, se encuentran los Regosoles los cuales también se desarrollaron en una pequeña parte al norte del Cerro El Vigía.</p>	<p>Las propiedades del suelo tienen una gran influencia en diferentes controles de procesos ecológicos. Este recurso juega un rol muy importante en los ciclos de carbono, nitrógeno y agua; y es importante para el crecimiento de vegetación. (Chapin <i>et al.</i>, 2002). Las acciones humanas influyen directamente en este recurso, pues el uso agropecuario, uso de fertilizantes, la irrigación y el cambio de uso de suelo, pueden provocar cambios en sus propiedades. Los procesos de erosión eólica (temporada de sequía) e hídrica (temporada de lluvias torrenciales), clima, topografía, vegetación y características particulares del tipo y uso del suelo, determinan su vulnerabilidad.</p>	<p>Dentro AE y AO los suelos han sido ocupados y afectados por actividades de origen antrópico, tales como la industria, agricultura, pesca y el crecimiento de la población, por esta razón el AO es considerado zona urbana.</p> <p>Dadas las obras e instalaciones existentes, el AO no presenta cobertura vegetal primaria y solo se observan algunas especies residuales y colonizadoras, en una porción importante del predio, el suelo ha sido sustituido por coberturas de concreto y pavimentos.</p>	<b>Alto</b>

Cuadro IV.5.- Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Área de Estudio, y descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales provocados en el Área de Operaciones (AO).

Componente del Sistema Ambiental	Caracteres notables	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación	Riesgo de afectación por las obras y actividades del Área de Operaciones
<p><b>Hidrología superficial</b></p>	<p>El SA y sitio del Área de Operaciones se encuentra dentro de la Región Hidrológica No. 9 "Sonora Sur", abarcando la parte sur de la Subcuenca Hidrológica "A. Guaymas" (RH09Cc) la cual pertenece a la Cuenca Hidrológica "R. Matape" (RH09C). Los principales escurrimientos son el arroyo San Marcial, los Cuates, San José y El Toro. No existen corrientes superficiales permanentes, sin embargo, se presenta una gran cantidad de escurrimientos superficiales de tipo intermitente, que tienen su origen en los cerros y lomeríos que rodean la zona y que drenan en las distintas bahías y esteros.</p>	<p>Las condiciones climatológicas y geológicas del sitio determinan los patrones de drenaje y los caudales de los escurrimientos. Cualquier modificación en las características geomorfológicas y del relieve que sea de forma natural o por acciones humanas influye en los patrones y caudales. Disturbios ocasionados por la actividad humana afectan la cantidad y/o calidad del escurrimiento, tales como procesos como el cambio de uso de suelo (infiltración y escurrimientos), construcción de viviendas (abastecimiento y aguas residuales), nivelación de terrenos y pavimentación (escurrimientos), entre otros.</p>	<p>Debido a la alta permeabilidad del suelo, muchos de estos escurrimientos no alcanzan a llegar al mar de Cortés, ya que se infiltran en los suelos de origen aluvial y eólico con alto contenido de arenas.</p> <p>El AO no incluye cuerpos de agua superficiales, sin embargo, el AE se constituye como una microcuenca funcional, e incluye las aguas del litoral de la Bahía de Guaymas mismas que colindan con las instalaciones del Recinto Portuario. Actualmente se tiene como problemática ambiental la contaminación del litoral, ya que es principal receptor de descargas contaminantes, además de que las condiciones naturales de la zona como la circulación restringida por su topografía y por las características del viento y marea, facilitan la concentración y la poca dispersión de las sustancias vertidas al agua.</p> <p>Las actividades que se realizan en el Área de Operaciones ocasionan impactos a este factor, tales como son la disminución de la infiltración subterránea, el azolve al drenaje tanto del AO como del recinto portuario y la susceptibilidad de contaminación al litoral, por lo que para reducirlas el AO cuenta con un sistema de drenaje pluvial.</p> <p>En relación con la escala de AO, y con su localización, la interferencia que manifiesta con la hidrología superficial es muy baja.</p>	<p><b>Bajo</b></p>

Cuadro IV.5.- Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Área de Estudio, y descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales provocados en el Área de Operaciones (AO).

Componente del Sistema Ambiental	Caracteres notables	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación	Riesgo de afectación por las obras y actividades del Área de Operaciones
<p><b>Hidrología subterránea</b></p>	<p>El AE y el AO se ubican en el sur del acuífero administrativo 2636 San José de Guaymas, el cual posee una superficie aproximada de 1,214.27 km<sup>2</sup>.</p>	<p>Los acuíferos constituyen una fuente de agua muy importante para concentraciones humanas e industriales, especialmente en zonas áridas y semiáridas; asimismo, el agua constituye un soporte a los ecosistemas naturales. A medida que una población o la industria crece y el uso de suelo se hace más extenso, se incrementa la demanda de fuentes alternas de agua. Por esta razón es importante un manejo sustentable, y se tiene que mantener la recarga de acuíferos, así como la buena calidad del agua y evitar que se contamine. Las principales fuentes de contaminación son las aguas residuales municipales, aguas residuales industriales y la agricultura (uso de fertilizantes y pesticidas).</p>	<p>Las unidades hidrogeológicas son determinadas por los materiales del subsuelo. En este acuífero las unidades primordiales se derivan de las formaciones preexistentes que han sido erosionadas, transportadas y depositadas por los corrientes fluviales en las depresiones que actualmente constituyen el valle de San José de Guaymas formando un acuífero granular de tipo libre. En una exploración para un estudio geohidrológico para este acuífero se sondearon geofísicamente cuatro pozos. Como resultado se pudieron definir dos acuíferos distribuidos verticalmente.</p> <p>El AE se encuentra a lo dispuesto en el Decreto de Veda "Valle de Guaymas" publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de diciembre de 1956. La veda es de tipo III que indica que la capacidad de los acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros.</p> <p>El AO, no guarda relación directa con el acuífero, ya que por su localización es presumible que la poca infiltración que genera esta superficie ocurra hacia la cuña salina inducida por las aguas del Golfo de California.</p>	<p><b>Bajo</b></p>

Cuadro IV.5.- Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Área de Estudio, y descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales provocados en el Área de Operaciones (AO).

Componente del Sistema Ambiental	Caracteres notables	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación	Riesgo de afectación por las obras y actividades del Área de Operaciones
<p><b>Vegetación y uso de suelo</b></p>	<p>Con respecto al uso del suelo, el AO corresponde a zona urbana de la ciudad Heroica Guaymas, donde se concentra la mayor parte de la población del municipio, la industria y la infraestructura portuaria.</p> <p>En lo que refiere a los tipos de vegetación del AE, la cobertura dominante corresponde al Matorral Sarcocaula ubicado sobre terrenos rocosos y suelos muy delgados.</p> <p>También se encuentran presentes otras asociaciones vegetales como Matorral Sarco-Crasicaule, Mezquital Xerófilo, Vegetación de Dunas Costeras y Vegetación Halófila Xerófila que crecen sobre terrenos ondulados con suelos formados por el depósito de sedimentos que acarrear las aguas superficiales.</p> <p>En el AO no se encontraron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>	<p>El tipo de vegetación es uno de los componentes más importante de un ecosistema. Varios procesos ecológicos y biológicos dependen de este recurso, presentando un papel importante en la regulación de clima, retención de suelo y regulación de ciclos de agua, nitrógeno, carbono, entre otros (Chapin <i>et al.</i>, 2002). También constituye un soporte y proporciona sustento a la fauna. Por otro lado, la vegetación es usada como materia prima para la generación de energía, material para la construcción, alimento y forraje para animales domésticos. Finalmente, este recurso es un elemento clave en el contexto de los bienes y servicios ambientales que puede ofrecer un ecosistema.</p>	<p>La vegetación del sistema tiene un bajo grado de conservación. Los usos de suelo dominantes en el AE son de origen antrópico. Las causas de remoción de la vegetación en el AE son los asentamientos humanos y la expansión de la zona industrial en el puerto.</p> <p>Las zonas conservadas de vegetación se encuentran en pequeñas islas o islotes dentro del puerto y en las laderas de los cerros cercanos.</p> <p>El AO se encuentra desprovista de vegetación nativa por motivo de las actividades industriales que aquí se llevan a cabo desde décadas atrás. Dada la alteración que presenta la vegetación originaria y que las obras e instalaciones para el manejo de y ácido sulfúrico se encuentran en operación y no se tienen previstas ampliaciones, no es de anticiparse mayor impacto a la vegetación.</p>	<p><b>Bajo</b></p>

Cuadro IV.5.- Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Área de Estudio, y descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales provocados en el Área de Operaciones (AO).

Componente del Sistema Ambiental	Caracteres notables	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación	Riesgo de afectación por las obras y actividades del Área de Operaciones
<b>Fauna</b>	<p>Se reporta para el AE (registro bibliográfico), un total de 71 familias, distribuidas en 119 géneros y 149 especies, las cuales se distribuyen de la siguiente manera: 1 especies de Corales, 4 de Anfibios, 1 de Ophiuroidea, 34 de Peces, 46 de Aves, 2 de Almejas, 24 de mamíferos, 3 Crustáceos y 34 de Reptiles.</p> <p>En el AO no se reporta ninguna especie dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>	<p>La presencia de fauna silvestre depende en gran medida de la cobertura vegetal, tipo de uso de suelo y calidad de su hábitat natural. Características como presencia, composición, diversidad y abundancia, son indicadores de la calidad de un ecosistema. Los disturbios humanos (cacería, fragmentación del paisaje, destrucción del hábitat natural y competencia con animales domésticos) afectan directa e indirectamente la presencia de la fauna silvestre.</p>	<p>La fauna en el AE es reducida a consecuencia del grado de perturbación resultante de la presión ejercida por las actividades antrópicas. La actividad industrial, pesquera, agrícola y turística son impactos que perturban a la fauna y por ello prefieren desplazarse a zonas mejor conservadas. La fauna terrestre se desplaza a las sierras que se encuentran al Norte del Área de Estudio, y las marinas aguas adentro o a otras bahías cercanas con menor grado de perturbación.</p> <p>La fragmentación del sitio es originada por la transformación del paisaje producto de las actividades humanas. El proceso de fragmentación desencadena una serie de modificaciones en los procesos ecológicos y por consecuencia impacta flora y fauna y como respuesta, en los suelos y el agua también.</p> <p>Como resultado de las actividades que se realizan en el Área de Operaciones la fauna se ha desplazado hacia el Norte o al Oeste donde se encuentran mejores condiciones de conservación, favorables para su desarrollo. El AE y AO se encuentran fuera de Áreas Naturales Protegidas.</p>	<b>Bajo</b>
<b>Paisaje</b>	<p>El AE presenta una calidad paisajística media-alta, ya que presenta diversos elementos, la mayoría de ellos de origen antrópico como la zona urbana, actividades industriales, agrícolas, pesqueras y de turismo; en cuanto a los elementos naturales destacan el litoral y los islotes que mantienen vegetación de origen. La fragilidad del paisaje es media-alta lo que implica que se trata de un paisaje con características de moderada a alta capacidad de absorción visual.</p>	<p>El paisaje se puede identificar como el conjunto del medio, contemplando como un indicador y síntesis de las interrelaciones entre los elementos inertes (rocas, agua, aire) y vivos (flora, fauna y humano). Existen diferentes tipos de contaminantes paisajísticos: los físicos y biológicos, es decir, todas aquellas acciones que indirectamente interfieren desfavorablemente con el sentido de la vista del ser humano, afectando principalmente la visibilidad o calidad paisajística (Conesa, 2010). Por otro lado, existen disturbios directos en forma de modificación del paisaje, que afectan la naturalidad o singularidad, como es el cambio de uso de suelo, cambios topográficos, modificación del recurso agua, introducción de nuevas estructuras, obras de ingeniería, ruidos continuos, materiales y colores inadecuados, entre otros (Conesa, 2010).</p>	<p>En lo general, el AE se encuentra perturbada por actividades humanas, aunque se conservan paisajísticamente varias zonas que muestran una alta naturalidad. Un elemento importante dentro del Sistema Ambiental son los diversos impactos de origen antrópico que se observan, aunque las topofomas son elementos dominantes del paisaje. La fragilidad visual es uno de los impactos manifiestos con la presencia del Área de Operaciones y la introducción de elementos antrópicos (maquinaria, equipos, infraestructura), que al no incorporar las previsiones necesarias deterioraran el paisaje.</p>	<b>Medio</b>

Cuadro IV.5.- Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Área de Estudio, y descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales provocados en el Área de Operaciones (AO).

Componente del Sistema Ambiental	Caracteres notables	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación	Riesgo de afectación por las obras y actividades del Área de Operaciones
<p><b>Componente social y economía</b></p>	<p>El Área de Estudio en el estado de Sonora, ubicado en la región Noroeste de la República Mexicana, se encuentra a una altitud que varía desde los 0 m hasta los 303 msnm. La población no es elevada, con una PEA de 54.5%, nivel de escolaridad de 9.3 años, buena cobertura de servicios de salud y baja marginación social.</p>	<p>En el componente socioeconómico se encuentran cuatro grupos de factores fundamentales: sociodemográficos, socioculturales, socioeconómicos y servicios. Estos factores interactúan constantemente y algunas de sus repercusiones se ven reflejadas en la satisfacción de las necesidades básicas, la alimentación, uso del suelo, salud, vivienda, trabajo, educación, cultura infraestructura, entre otros. Alteraciones de este componente están vinculadas con los medios bióticos y abióticos; comportándose al mismo tiempo como sistema receptor.</p>	<p>El sistema se encuentra rodeado e inmerso en varias localidades urbanas y rurales, los impactos sociales y económicos a nivel local y regional son positivos pues el AO genera 48 empleos directos y aproximadamente igual número de indirectos. También induce un efecto multiplicador en la economía local por la demanda de insumos y servicios necesarios para el manejo de ácido sulfúrico. En otro aspecto, contribuye fiscalmente con los diversos niveles de autoridad en función de los diferentes impuestos que aporta. Es decir, el AO es un elemento que representa un conjunto de aportes la socioeconomía local y aún a mayor escala ya que los embarques de ácido sulfúrico tienen destinos nacionales e internacionales.</p>	<p><b><u>Medio</u></b></p>

## b) Síntesis del inventario

Una de las variables para analizar la dinámica ambiental de la zona, es comprender las interrelaciones que se dan entre el conjunto de factores bióticos, abióticos y socioeconómicos que se presentan en tiempo y espacio determinados. La mayoría de los componentes del Sistema Ambiental están en interrelación. Si son modificadas las propiedades de un componente, podría entonces tener influencia en los demás.

Las presiones a las que se encuentra sometido el medio ambiente en el Sistema Ambiental en estudio son varias, principalmente las relacionadas con las actividades humanas y en particular, la industria, la agricultura, la pesca y el crecimiento de la población, por esta razón el AO se considera inmersa en zona urbana. Estas presiones han tenido consecuencias sobre la vegetación, reduciendo la cobertura de vegetación primaria; sobre la fauna, ahuyentándola y provocando su desplazamiento hacia zonas más conservadas; sobre el paisaje, disminuyendo la calidad paisajística y sobre la hidrología superficial, contaminando y reduciendo la retención e infiltración de agua, sobre la hidrología subterránea, sobreexplotando el recurso almacenado provocando escases.

La vegetación natural en el Área de Estudio, no ha sido significativamente modificada por el AO, debido a las obras puntuales y localizadas en el recinto portuario de Guaymas. Las zonas de vegetación circundantes al Área de Operaciones podrían presentar cambios como resultado de la fragmentación y por efecto de las actividades antropogénicas, pero no directamente afectadas por el AO.

En el sistema ambiental los sitios más conservados dentro del Área de Estudio se encuentran principalmente en las zonas elevadas de los cerros El Cabezón, El Vigía, y en la porción litoral del AE. Por otro lado, los sitios donde la vegetación es escasa o nula, se pueden observar etapas tempranas sucesionales, permitiendo con ello, el restablecimiento de la vegetación a un estado secundario.

La apertura de caminos, brechas, reductos pesqueros y asentamientos humanos ha influido directamente en la calidad del paisaje. Llama la atención la falta de control sobre la basura que se acumula en el borde de los caminos. Si a esto se añade la actividad de las ladrilleras, la calidad paisajística puede verse disminuida. Al existir mayor presencia humana en la región, la cantidad de animales domésticos que compiten con las especies nativas se incrementa.

Cabe resaltar, que el Área de Operaciones y el Área de Estudio no se encuentran dentro de ninguna Área Natural Protegida federal ni estatal, sin embargo, el Muelle de Altura y Capitanía en Puerto, se consideran punto de valor paisajístico.

Respecto a la fauna, la mayoría de las especies se han desplazado a lugares aledaños al Área de Operaciones, con el fin de encontrar sitios nuevos y adecuados para su alimentación y desarrollo, por lo que no se prevé mayor alteración con las actividades del manejo de ácido sulfúrico.

Es importante mencionar que el manejo de ácido sulfúrico representa el aporte de beneficios económicos a la localidad y proporciona fuentes de empleo, ingresos a nivel regional y por tanto aportes en infraestructura y en calidad de vida.



## V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

### V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

En este capítulo, se identifican y evalúan los impactos ambientales asociados con las diferentes actividades relacionadas con el manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, que son recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de esta sustancia.

Mediante la aplicación de una metodología multicriterio fueron identificadas las interacciones entre los componentes ambientales y las actividades involucradas en el manejo de ácido sulfúrico. El análisis de cada interacción condujo a determinar los posibles impactos ambientales significativos, que requieren propuesta de las medidas de mitigación, de compensación o de restauración más adecuadas, así como su inclusión en el programa de vigilancia ambiental.

La evaluación de los impactos ambientales para el manejo de ácido sulfúrico se condujo metodológicamente de la siguiente manera (Figura V.1):

1. *Identificación de los factores de cambio.* Son los generadores de impactos, obras o actividades, que se encuentran asociados a las diferentes operaciones del manejo de ácido sulfúrico.
2. *Indicadores de impacto.* Están conformados por las componentes ambientales representadas en el sistema ambiental, así como por los correspondientes subcomponentes.
3. *Evaluación de Impactos.* A partir de la construcción de una matriz *ad hoc* se identificaron los posibles impactos y se realizó la evaluación cualitativa y cuantitativa en términos de sus características (adverso, benéfico, magnitud, duración, extensión, interés, contexto, sinergia).
4. *Análisis y descripción de los impactos.* Como base para el análisis se tomó cada uno de los indicadores ambientales receptores de posibles impactos, y en el mismo esquema se presenta la descripción del impacto esperado.

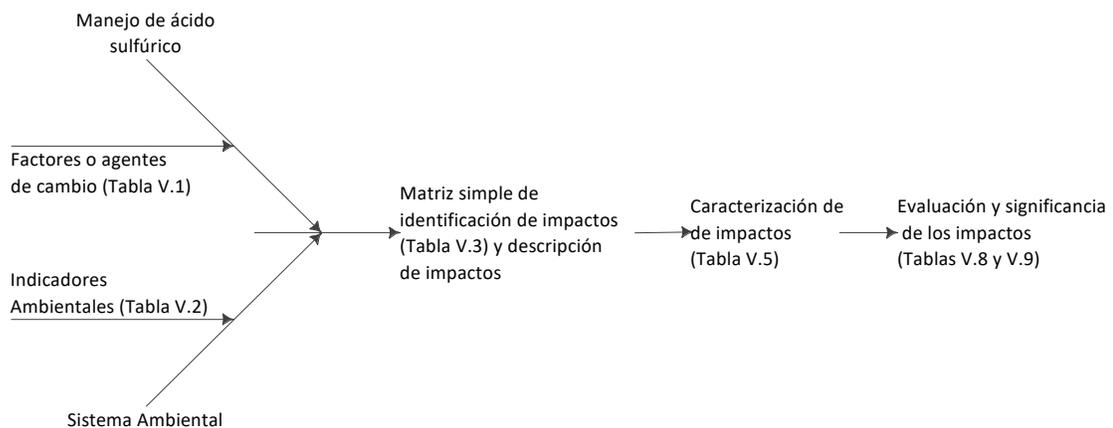


Figura V.1.- Diagrama de flujo para la evaluación de impacto ambiental del manejo de ácido sulfúrico.

**Identificación de los factores o agentes de cambio con potencial de generar impacto ambiental.**

Los factores o agentes de cambio son las operaciones que se realizan en el manejo del ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, los cuales se condensan en la Tabla V.1.

Tabla V.1. Factores de cambio asociados al manejo de ácido sulfúrico.

Etapa	Actividades
Preparación del sitio	No aplica.
Construcción	No aplica.
Operación y mantenimiento	Recepción de ácido
	Descarga de ácido sulfúrico
	Bombeo y almacenamiento de ácido sulfúrico
	Embarque
	Generación de residuos
	Lavado y neutralización de residuales
	Mantenimiento de instalaciones y equipos
Abandono	Desmantelamiento

**V.1.1 Indicadores de impacto**

Los indicadores de impacto son elementos del medio ambiente que pueden verse afectados por un agente de cambio, permiten evaluar las alteraciones que puede producir una determinada actividad o agente de cambio. Se identificaron los elementos de medio que podrán ser afectados por el tipo de actividades involucradas en el manejo de ácido sulfúrico, los enlistados en la Tabla V.2.

Tabla V.2. Indicadores de impacto.

Elementos del medio	
Físicos	Aire
	Ambiente sonoro
	Suelo
	Ambiente marino
Biológicos	Flora
	Fauna
Paisaje	Cualidades estético – paisajísticas
Socioeconómicos	Población, empleo, economía.

**V.1.2 Lista indicativa de indicadores de impacto.**

En función de los indicadores de impacto presentados en la Tabla V.2, los cuales consideraron los aspectos del medio físico, biológico y social, en la Tabla V.3 se muestran los posibles impactos en respuesta al factor o agente de cambio que se prevé podrán ser generados las actividades de manejo de ácido sulfúrico.

Tabla V.3.- Matriz simple de identificación de impactos ambientales.

		Agentes de cambio									
		Estado actual de la variable ambiental	Circulación de pipas y carrotaques en el interior de la TMC	Recepción de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Descarga de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Bombeo y almacenamiento de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Embarque de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Lavado y neutralización de residuales	Generación de residuos	Mantenimiento	Abandono
Indicadores de impacto	Aire	Muy poco alterado	x							x	x
	Nivel sonoro	Alterado	x								x
	Suelo	Alterado	x	x	x	x	x			x	x
	Agua	Alterado						x	x		
	Ambiente marino	Alterado					x				
	Vegetación silvestre	Alterada									
	Fauna silvestre	Alterada									
	Paisaje	Alterada	x							x	x
	Socioeconomía		x	x	x	x	x	x		x	x

**Descripción de los impactos identificados.**

Aire.

La calidad del aire se ve impactada cuando carrotaques y pipas ingresan a las instalaciones. Debido a que el flujo de estos vehículos no es constante y a que el recorrido dentro de las instalaciones es de pocos cientos de metros la magnitud de las emisiones de los motores de combustión interna de estos vehículos es muy baja. En 2018 se despacharon de la terminal 120,931 Tm por vía terrestre. El 35% fue por pipa y el 65% por carrotanque. Al 90% una pipa puede cargar hasta 49 Tm de ácido sulfúrico y un carrotanque al 90% 109 Tm, al relacionar estas cantidades se obtiene que en promedio ingresan y salen 2.4 pipas por día de la terminal, mientras que en el mismo tiempo son dos carrotaques, en este caso es necesario tomar en cuenta que una locomotora conduce más de un carrotanque, por lo que la frecuencia del tránsito se ve reducida. En cuanto a los buques las maniobras de atraque y desatraque también implican la emisión de contaminantes por el empleo de combustible. A partir de considerar que en 2018 se embarcaron 345,466 Tm de ácido sulfúrico y que en promedio la carga por buque fue de 10,000 Tm, se tuvieron 23 maniobras de atraque y desatraque, es decir ambas maniobras aproximadamente

cada 16 días, lo cual claramente indica el carácter temporal de las emisiones de las embarcaciones. Estos bajos movimientos de fuentes móviles se realizan en la zona portuaria, donde la velocidad media del viento es 4.4 m/s, y la frecuencia de calmas es 1.5%, lo que significa que la mayor parte del tiempo las condiciones meteorológicas son favorables para la dispersión de las emisiones de contaminantes por fuentes fijas.

Las actividades de mantenimiento pueden influenciar la calidad del aire por la circulación de vehículos, el uso de pinturas, movimientos a baja escala de algunos materiales, empleo de algunos solventes, etc. Estas actividades se realizan hasta cuatro veces por año, y no son de elevada intensidad. Se practican otras actividades de mantenimiento más frecuentemente, como el mantenimiento mensual a instalaciones eléctricas, y otras, que no tienen influencia en la calidad del aire.

Cuando llegue el momento del abandono, no previsible por ahora, el desmantelamiento de las instalaciones puede representar una fuente de emisiones fugitivas, principalmente de partículas. Será necesario desmontar equipos, instalaciones, demoler algunas estructuras, levantar pisos, y otras que implican la generación de partículas, para ello se requerirán equipos como grúas, camiones, tractor, es decir maquinaria pesada. La realización de estas actividades y la operación de los equipos necesarios generarán emisiones de partículas y de gases de combustión.

Nivel sonoro.

Las de pipas y carrotanques que ingresan y salen del área de manejo de ácido sulfúrico son fuentes sonoras que con sus emisiones de ruido incrementan temporalmente el nivel existente. No son fuentes que emitan constantemente, sólo durante sus movimientos dentro de la terminal, que son de corta duración. En la terminal marítima no existen receptores distintos de los trabajadores que ahí laboran; el punto más cercano de la ciudad se localiza a poco más de 400 m, distancia que proporciona el espaciamiento suficiente para que el ruido emitido por pipas y carrotanques no sea percibido por la población.

En la fase de desmantelamiento las actividades de desmantelamiento de instalaciones, demolición de algunas construcciones, y levantamiento de pisos pueden generar niveles de ruido aproximados a los que se condensan en la Tabla V.4<sup>1</sup>. Estos datos se proporcionan para tener una idea del nivel de ruido que pudiera alcanzarse durante la fase de abandono.

Tabla V.4.- Niveles de ruido (dBA) por construcción de naves industriales.

Etapa	Construcción de nave industrial	
	I	II
Preliminares	84	84
Excavación	88	78
Cimentaciones	88	88
Construcción	79	78
Acabados	84	84
I= Con todo el equipo en el sitio; II = Con el mínimo equipo		

<sup>1</sup> Extracto de la Tabla 9.8. Rangos normales de niveles de ruido de energía equivalente (en dBA) en lugares de construcción. Canter, L.W. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Segunda Edición. Mc. Graw-Hill. 1998.

Suelo y ambiente marino.

El suelo puede verse impactado por un derrame de ácido sulfúrico. Las operaciones que pueden dar origen a una fuga o derrame son:

a) Descarga de  $H_2SO_4$  de una pipa o de un carrotanque.- la fuga o el derrame ocurriría en el área de recepción, por una mala conexión de mangueras, una inapropiada apertura de válvula, un mal cierre de válvula, manejo inapropiado de mangueras. Debido a que esta área cuenta con piso de concreto y guarnición que impiden se conduzca el derrame a la zona contigua donde hay una pequeña superficie de suelo con vegetación ornamental. Por la naturaleza de las operaciones, un fuga o derrame en esta área no se anticipa de elevada magnitud. La fuga o derrame sería neutralizada con cal, bicarbonato de calcio, o sosa cáustica, una vez neutralizada se lavaría con agua y sería conducida a la fosa de neutralización.

b) Trasvase de  $H_2SO_4$  al tanque transferencia (T-7) o a los tanques superiores (T-8, T-9; T-10, y T-11). Fugas en válvulas de descarga, fugas en bombas de transferencia, exceder el nivel de algún tanque o no cambiar de tanque una vez que se ha alcanzado el nivel de llenado. En estos casos la fuga o el derrame ocurrirían al interior de los diques con que están equipados los tanques. La fuga o derrame sería neutralizada con cal, bicarbonato de calcio, o sosa cáustica, una vez neutralizada se lavaría con agua y sería conducida a la fosa de neutralización.

c) Preparación y carga o abastecimiento de  $H_2SO_4$  a buque.- Apertura y cierre de válvulas en manifolds, válvulas de purga, aislamiento, venteo, y tanque de surtido, despresurización de línea de ácido y limpieza de líneas. Dado que esta operación además de la porción terrestre implica a la marina, la fuga o derrame puede ocurrir sobre suelo o en el mar. La fuga o derrame que puede ocurrir sobre el mar sería al inicio o al concluir la carga y drenar las líneas, durante el soplado de líneas al buque o en la desconexión de mangueras en los manifolds de muelle y del buque. En el caso de fuga o derrame sobre suelo se procedería al control inmediato y posteriormente a la neutralización con cal, bicarbonato de calcio, o sosa cáustica, se retiraría el suelo afectado y se conduciría al almacén temporal de residuos peligrosos. Si la fuga o derrame ocurriera en el mar, se procedería al control inmediato. La reacción del ácido con el agua del mar sería exotérmica, violenta y rápida, siendo por ello de esperarse una muy reducida afectación a la biota marina presente en la vecindad del derrame. Dada la elevada intensidad y rapidez de la reacción no es de esperarse que la zona de posible afectación sea extensa; por el contrario, el carácter alcalino del agua marina favorece la reacción y consecuentemente la neutralización del ácido. Un factor que contribuye a que el impacto no fuese extensivo es que la densidad del  $H_2SO_4$  es 1.83 veces la del agua, lo que limitaría la extensión del derrame.

En la fase de abandono, el suelo puede verse afectado por intervenciones directas al dismantelar instalaciones, demoler construcciones y levantar pisos. Posiblemente el uso de maquinaria pesada represente algunos derrames de aceite o líquidos hidráulicos. Por ello concluido el dismantelamiento, se realizará un diagnóstico ambiental del sitio, y en su caso la caracterización de suelo de la cual podría derivarse la necesidad de remediación.

#### Agua.

Aunque no hay fuentes naturales de agua, se utiliza agua cruda para el lavado de las pipas y carrotanques una vez terminada la descarga de ácido. Dado que esta agua se acidifica al reaccionar con el ácido es necesario neutralizarla, para lo cual se conduce a la fosa de neutralización. El agua puede arrastrar partículas de suelo y otras que han sedimentado en la terminal de recepción y que a su vez pueden contener metales, los cuales son liberados por la reacción con el ácido. Por esta razón los sólidos que se sedimentan en la fosa de neutralización son recuperados y manejados como residuos peligrosos. Anualmente la generación de este residuo es de 4.5 Tm (4,500 kg). Al manejar este sedimento como residuo peligroso se evita generar impacto en el sitio y en el lugar dónde se envía se dispone o trata de manera adecuada con lo que se previene un impacto adicional.

#### Vegetación.

Se encuentra alterada, modificada en su cobertura y composición. Las operaciones de manejo de ácido sulfúrico no tienen interacción con la vegetación, solo la tendrían en el caso de un derrame extraordinario que podría afectar a algunos individuos de vegetación que se ubicasen en el área donde ocurriese el derrame. No hay presencia de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

#### Fauna.

En el sitio no hay fauna silvestre, salvo la presencia ocasional de algunas aves. Las operaciones de manejo de ácido sulfúrico no tienen relación con la fauna, solo la tendrían en el caso de un derrame extraordinario en la porción marina que podría afectar a algunas especies de flora y fauna marina. No hay presencia de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

#### Paisaje.

Las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico se localizan en un sitio que presenta una calidad paisajística media-alta, donde la fragilidad del paisaje es media-alta lo que implica que se trata de un paisaje con características de moderada a alta capacidad de absorción visual. Se trata de una situación de hecho, dado que las instalaciones se encuentran en operación. El ingreso y salida de pipas y carrotanques ferroviarios incide en la calidad paisajística pero no la modifica, ya que esto fue considerado en la evaluación del paisaje. En la fase de abandono puede llegar a presentarse un efecto puntual en calidad del paisaje por las actividades que se realicen al dismantelar instalaciones, demoler construcciones y levantar pisos.

#### Socioeconomía.

El manejo de ácido sulfúrico representó en el 2018 la venta de 120,931 Tm de esta sustancia, cuyos usos y aplicaciones son sumamente variados. El principal es en la industria de los fertilizantes, en la industria del petróleo, en los procesos de sulfonación y muchos otros de la industria química. En todos ellos impacta el envío de esta sustancia desde la Terminal Marítima de Guaymas, de forma tal que hay un efecto multiplicador importante. Por sí mismo el manejo del ácido sulfúrico proporciona empleo de diferentes categorías a 48 personas, se estima que anualmente se contribuye al soporte de cuando menos otros 100 empleos en la industria del transporte terrestre y marítimo. Por otra parte, las actividades industrial y comercial en la

Terminal Marítima de Guaymas contribuyen con el pago impuestos, derechos y tarifas en las autoridades competentes de los tres órdenes de gobierno, de modo tal que sus aportes económicos pueden ser canalizados a las diversas tareas que tienen encomendadas los gobiernos.

### V.1.3 Criterios y metodologías de evaluación

En función de los elementos del medio ambiente que serán afectados o potencialmente afectados por un agente de cambio (Tabla V.3), se llevó a cabo la descripción de los posibles impactos que se anticipan como adversos y benéficos a la calidad ambiental. Los efectos se analizaron en cuanto al sentido adverso o benéfico. Así también se determina si se considera que el impacto será generador de efectos residuales o efectos acumulativos (Tabla V.5), de acuerdo con las definiciones:

- ⊕ 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.
- ⊕ Impacto Ambiental Residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

Tabla V.5. Caracterización de los impactos ambientales.

Indicador ambiental	Carácter del impacto	Tipo de impacto	Comentario
Aire	Adverso	Residual	Con independencia de las reducciones en las emisiones en las pipas y en las locomotoras, los motores de combustión interna no dejarán de emitir mientras funcionen.
Ruido	Adverso	Residual	Los movimientos de pipas y carrotanques emitirán ruido a pesar de que circulen a baja velocidad. La generación de ruido es inherente al funcionamiento de motores diésel.
Suelo	Adverso	Residual	En caso de derrame de ácido sobre el suelo, será neutralizado y recolectado. Este suelo se perderá, independientemente de que se sustituya con suelo de otro sitio.
Agua	Adverso	Residual	El agua de lavado de pipas y carrotanques verá alterada su calidad, el pH se reducirá y puede llegar a contener metales disueltos. El agua en la fosa se evaporará en alguna medida, los sólidos sedimentarán y serán retirados y manejados como residuo peligroso.
Ambiente marino	Adverso	Acumulativo	En caso de algún derrame ocurrirá una reacción exotérmica violenta y rápida, resultando en una modificación a las condiciones fisicoquímicas del agua que se adicionan a otras debidas a aportes de otros contaminantes en las aguas portuarias. Sería de esperarse una baja afectación a la biota marina por lo violento y rápido de la reacción.

Indicador ambiental	Carácter del impacto	Tipo de impacto	Comentario
Vegetación silvestre <sup>2</sup>	Adverso	Residual y acumulativo	La modificación a la cobertura y estructura que presenta la vegetación puede considerarse permanente.
Fauna silvestre <sup>3</sup>	Adverso	Residual y acumulativo	El impacto ocasionado a la vegetación repercutió directamente en la fauna, así como la presencia de otras actividades industriales en la zona portuaria. La disminución de especies y poblaciones la influido adversamente en los procesos ecológicos.
Paisaje	Adverso	Residual y acumulativo	La existencia de instalaciones industriales en la Terminal marítima de Guaymas y en el Recinto Portuario, así como la ciudad de Guaymas integran forman un conjunto visual cuyos elementos interactúan y caracterizan al paisaje local
Socioeconomía	Benéfico	Residual y acumulativo	La participación del manejo del ácido sulfúrico se inserta en el ámbito socioeconómico local e incluso a escala nacional, con la generación de empleos, aportación de una sustancia vital para elaborar fertilizantes y para la industria química, y con contribuciones fiscales para los tres órdenes de gobierno.

#### V.1.3.1. Criterios.

De acuerdo con la Tabla V.3, en la operación, mantenimiento y abandono del manejo de ácido sulfúrico se identificaron 26 impactos ambientales, de los cuales los relacionados con la socioeconomía son benéficos (8) y los demás adversos (18). Para evaluar los impactos se aplicó un método multicriterio que permitió jerarquizar y asignar valores cuantitativos a las relaciones agente causante–indicador ambiental, a partir de los criterios: **magnitud, duración, extensión, interés, contexto, sinergia**. Dado que el objetivo es establecer un valor cuantitativo o numérico al impacto que considere estos criterios, la metodología permite establecer relaciones entre valores y características cualitativas proporcionando así la diferenciación gradual mediante cálculos y estadísticas. Ello con la finalidad de que el indicador distinga la relevancia de los impactos ambientales que fueron presentados en la Tabla V.3. La jerarquización y el valor cuantitativo se presentan en las Tablas V.6. y V.7.

Tabla V.6. Asignación de valores numéricos a los impactos ambientales que se anticipan como potenciales.

MAGNITUD	valor	DURACIÓN	valor	EXTENSIÓN	valor
<b>Muy bajo</b>	1	Por semanas	1	Hasta 2% del SA	1
<b>Bajo</b>	2	Por Meses	2	Hasta 6% del SA	2
<b>Moderado</b>	4	Por Años	4	Hasta 15% del SA	4
<b>Alto</b>	7	Por Décadas	7	Hasta 35% del SA	7
<b>Muy Alto</b>	9	Más tiempo	9	Mayor del SA	9

Tabla V.7. Asignación de valores numéricos a los impactos ambientales que se anticipan como potenciales.

INTERÉS	valor	CONTEXTO	valor	SINERGIA	valor
<b>Ausente</b>	1	Sitio perturbado	0.8	No detectada	1.0

<sup>2</sup> Se refiere al impacto ocasionado cuando las instalaciones fueron construidas.

<sup>3</sup> *Ibid.*

INTERÉS	valor	CONTEXTO	valor	SINERGI A	valor
Pocas personas	2	Baja Perturbación	1.0	Acumulación	1.1
Centenares	4	Conservado	1.15	Sinergia	1.3
Miles	7	Conservado y/o Pocas especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010	1.30	Residual	1.3
Generalizado	9	ANP o varias especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010	1.50		

Fuente: Adecuado por el Consultor. De acuerdo con las metodologías de evaluación multicriterio y análisis jerárquico para estudios de impacto ambiental.

Posterior a la asignación numérica a los criterios cualitativos, el primer cálculo permitió obtener un resultado que es la *importancia del impacto*, derivado de relacionar las características de magnitud, duración, extensión e interés por razón de su media geométrica<sup>4</sup>, que permite resumir en un solo número el conjunto de las observaciones descritas y cuya ventaja es que se obtiene una mayor sensibilidad hacia los valores bajos de dicho conjunto<sup>5</sup>, siendo un factor muy importante para estudios ambientales. Una vez obtenido este valor, se divide entre el máximo posible -entre nueve- para que los valores queden normalizados entre cero y uno, mientras que los valores de las características de contexto y sinergia aumentan o disminuyen el valor de la importancia. Finalmente, el indicador se obtuvo obteniendo el producto de la importancia (i), sinergia (s) y contexto (c). Con base en lo anterior, en la Tabla V.8 contiene los elementos para la evaluación de los impactos, la cual se agrupa, en función del valor del indicador, en cuatro categorías de: *Bajo, Moderado, Alto y Muy Alto*, y éste a su vez se asocia con el valor de relevancia. La Tabla V.9 (página siguiente) contiene la evaluación de impacto ambiental para los impactos identificados en la matriz representada en Tabla V.3.

Tabla V.8. Valores límite del indicador de impacto

Intervalo	Categoría	Relevancia
Menor de 0.450	Bajo	No significativo al nivel del Sistema Ambiental.
0.450 a 0.600	Moderado	Significativo
0.601 a 0.800	Alto	Significativo
Mayor de 0.801	Muy alto	Significativo

Fuente: Elaborado por el Consultor, de acuerdo con metodologías de evaluación multicriterio y análisis jerárquico para estudios de impacto ambiental.

## Conclusión.

De la evaluación de impacto ambiental, se concluye que por el manejo de ácido sulfúrico en la terminal Marítima de Guaymas no se prevé ocasionar impactos ambientales significativos o relevantes.

<sup>4</sup> La media geométrica de  $x_n$  elementos de un conjunto es  $\bar{X} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}$

<sup>5</sup> Principio basado en la Ley de Weber-Fechner

Tabla V.9.- Evaluación cuantitativa de los impactos ambientales e identificación de relevancia o significancia.

Impacto	Magnitud	Duración	Extensión	Interés	Importancia	Contexto	Sinergia	Indicador	Categoría	Relevancia
Calidad del aire en etapa de operación y mantenimiento	2	7	1	2	0.256	1	1	<b>0.256</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Calidad del aire en etapa de abandono	2	4	1	2	0.222	0.8	1	<b>0.178</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Nivel sonoro en etapa de operación y mantenimiento	2	7	1	2	0.256	1	1	<b>0.256</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Nivel sonoro en etapa de abandono	2	4	1	2	0.222	0.8	1.1	<b>0.196</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Suelo en etapa de operación y mantenimiento	4	7	1	2	0.304	1	1	<b>0.304</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Suelo en etapa de abandono.	4	4	1	2	0.264	1	1	<b>0.264</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Agua en etapa de operación y mantenimiento	2	7	1	2	0.256	1	1	<b>0.256</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Ambiente marino en etapa de operación y mantenimiento	2	7	1	2	0.256	1	1.3	<b>0.332</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Vegetación silvestre <sup>6</sup>	2	7	1	2	0.256	0.8	1.1	<b>0.225</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Fauna silvestre <sup>7</sup>	2	7	1	2	0.256	0.8	1.1	<b>0.225</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Paisaje en operación y mantenimiento	1	7	2	7	0.350	1	1.1	<b>0.385</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Paisaje en etapa de abandono	1	4	2	7	0.304	1	1.1	<b>0.334</b>	<b>BAJO</b>	No significativo
Socioeconomía	4	7	1	4	0.361	1	1.1	<b>0.398</b>	<b>BAJO</b>	No significativo

<sup>6</sup> Se refiere al impacto ocasiona en la construcción de las instalaciones décadas atrás.

<sup>7</sup> *Ibid*

### V.1.3.2 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada.

La metodología de evaluación seleccionada fue de tipo mixto identificación con evaluación multicriterio de impactos ambientales<sup>8</sup>.

En la selección de la metodología se tomaron en consideración los aspectos siguientes:

1. Las instalaciones se localizan en un recinto portuario, donde se realizan otras actividades industriales.
2. Las instalaciones para el manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas se encuentran en operación desde hace varias décadas.
3. Los impactos por selección y preparación del sitio, así como por construcción han sido ocasionados.
4. No se tienen consideradas ampliaciones futuras de las instalaciones.
5. No se llevan a cabo procesos de transformación de ninguna clase.
6. El almacenamiento de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se realiza a presión y temperatura ambiente.
7. Algunas de las características del El H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> son:
  - 7.1. No es una sustancia inflamable.
  - 7.2. Tiene tan baja presión de vapor que prácticamente no evapora, por lo que no tiene la suficiente volatilidad para ser considerada peligro de inhalación.
  - 7.3. No es una sustancia persistente en el agua.
  - 7.4. Prácticamente no es bioacumulable.
  - 7.5. Su densidad es 1.8 veces la del agua.
  - 7.6. Estable en condiciones de almacenamiento.
8. No hay manejo de ninguna sustancia considerada en los listados de actividades altamente riesgosas.



---

<sup>8</sup> Conesa, V. y Fernández Vitoria, L. A. 2015. Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. 4ª. Edición. Ediciones Muni-Prensa. Madrid, España.

## VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

### VI.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL.

Como cualquier otra actividad el manejo de ácido sulfúrico implica acciones que modifican las condiciones naturales del entorno hacia un nuevo estado, las modificaciones pueden ser positivas o negativas y, relevantes o irrelevantes. De cualquier manera, tendrán incidencia sobre los componentes físicos, biológicos y socioeconómicos representados en el sistema ambiental. La relevancia de la alteración es una condición de necesidad y suficiencia para que el impacto esperado sea significativo o no significativo.

De acuerdo con la evaluación de impacto ambiental presentada en el Capítulo V, se anticipa que los impactos ambientales adversos serán no significativos. Esto es consistente con el estado que guarda el área ocupada por las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico, así como con la naturaleza de las actividades que ahí se realizan en la etapa de operación, además de tratarse de un recinto portuario industrial. Es por lo que el sitio carece de vegetación y fauna silvestres, además es de superficie reducida; y en general, las variables ambientales presentes están alteradas respecto de lo que fue su condición natural.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente define Manifestación de Impacto Ambiental como: *El documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, **significativo** y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo*, a partir de esta definición se concluye que necesariamente las medidas de mitigación se aplican a impactos ambientales adversos significativos. No obstante, con la finalidad de atender los impactos asociados al manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, se plantean para ellos medidas de mitigación en sus diversas variantes, en la cuales se ha tomado en consideración que en el sitio:

- ⊕ No hay en el predio ocupado por las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico elementos ambientales significativamente representados.
- ⊕ Los impactos por selección y preparación del sitio, así como por construcción han sido ocasionados desde décadas atrás.
- ⊕ No se tienen consideradas ampliaciones futuras de las instalaciones.
- ⊕ No se llevan a cabo procesos de transformación de ninguna clase.
- ⊕ El almacenamiento de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se realiza a presión y temperatura ambiente.
- ⊕ No hay manejo de ninguna sustancia incluida en los listados de actividades altamente riesgosas.
- ⊕ Las etapas a las que se refiere la presente manifestación de impacto ambiental son operación, mantenimiento y abandono.

#### Aplicación de las medidas.

En el Cuadro VI.1 se presenta una relación de las medidas de mitigación para los impactos ambientales identificados y evaluados respecto del manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, donde estas medidas se aplican con algunas variantes por tratarse instalaciones que se encuentran en operación.

Cuadro VI.1.- Medidas de mitigación para impactos ambientales en manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas.

Componente ambiental	Acción que puede causar un impacto	Posible impacto ambiental	Medida de prevención y/o mitigación	Tipo de medida	Norma y/o disposición aplicable	Manera de aplicación	Seguimiento	Temporalidad
Calidad del aire en operación y mantenimiento.	Operación de carrotaques (arrastre por locomotora) y pipas. Operaciones de atraque y desatraque de buques en muelle.	Emisión de gases de combustión.	Control de emisiones.	Preventiva.	NOM-044-SEMARNAT-2017. En el caso de los buques México es signatario del Anexo VI del convenio MARPOL de la Organización Marítima Internacional que regula la reducción de emisiones de SO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> en buques. Corresponde a la SCT la vigilancia de este convenio.	Se solicitará el certificado de PROFEPA a los automotores diésel que ingresen a la Terminal Marítima de Guaymas.	Se asentará en bitácora de control de ingreso.	Permanente durante la etapa de operación y mantenimiento.
Calidad del aire en etapa de abandono.	Actividades de desmantelamiento y posible demolición de algunas construcciones.	Emisiones fugitivas de partículas.	Control de emisiones.	Mitigación/Control.	Buenas prácticas de operación.	Baja intensidad de actividades, riego previo o humectación de superficies.	Supervisión previa ala realización de la actividad. Registro fotográfico y asentamiento en bitácora de control.	Etapa de abandono.
Nivel sonoro en etapa de operación y mantenimiento.	Emisión de ruido.	Contaminación sonora, que pudiera exceder el nivel permisible.	Limitar el acceso de vehículos ostensiblemente generadores de ruido. No circular a velocidades mayores a 30 km/h.	Mitigación / control.	NOM-081-SEMARNAT-1994 y su modificación.	Control de ingreso a la instalación, vigilancia de cumplimiento de la velocidad máxima.	Aplicación del programa de mantenimiento y medición de ruido conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994.	Permanente a lo largo de la vida útil del proyecto.

Componente ambiental	Acción que puede causar un impacto	Posible impacto ambiental	Medida de prevención y/o mitigación	Tipo de medida	Norma y/o disposición aplicable	Manera de aplicación	Seguimiento	Temporalidad
Nivel sonoro en etapa de abandono.	Emisión de ruido.	Contaminación sonora, que pudiera exceder el nivel permisible.	Realizar las actividades de desmantelamiento con el mínimo de equipos y en horario diurno.	Mitigación / control.	NOM-081-SEMARNAT-1994 y su modificación, o la que en su momento aplique.	Programación de actividades para que se realicen con la mínima intensidad y el menor número de equipos trabajando simultáneamente.	Supervisión y medición de ruido conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994, o la que en su momento aplique.	Etapa de abandono.
Suelo en operación y mantenimiento.	Fuga, derrame y/o, filtración de ácido sulfúrico.	Contaminación del suelo.	Ejecución segura de los procedimientos para recepción, trasvase, almacenamiento, y embarque de ácido sulfúrico.	Preventiva.	Procedimientos recepción trasvase, almacenamiento y embarque de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas.	Supervisión de cada una de estas etapas. Elaborar y ejecutar un programa de mantenimiento preventivo de diques de contención, guarniciones y Pisos. Capacitación del personal en materia de atención de fugas y derrames. Elaboración y ejecución del programa específico de protección civil. Elaborar e implementar un programa de mantenimiento y limpieza de pisos.	Mediante bitácora se registrarán las acciones de mantenimiento y de capacitación, al igual que se registrarán los eventos de fugas, derrames y/o filtraciones que se lleguen a presentar, complementando con registro fotográfico, anotando los alteraciones que se ocasionen y acciones de atención.	Permanente a lo largo de la vida útil del proyecto.
Suelo en etapa de abandono.	Diversas actividades de desmantelamiento, demolición y levantamiento de pisos.	Contaminación del suelo.	Realizar estudio de caracterización con anticipación debida.	De Diagnóstico / Preventiva.	NOM-138-SEMARNAT-2003.	Realización de estudio Fase 1 y lo que de él derive.	Programar realización de estudio con un año de anticipación al cese de operaciones.	Durante la etapa de abandono.
Agua en etapa de operación y mantenimiento.	Lavado de tanques de pipas o carro tanques.	Acidificación y contaminación del agua.	Minimizar la cantidad de agua en cada lavado. Evitar uso excesivo.	Control.	Buenas prácticas de operación.	Supervisión del lavado y mediante comparativa en registros de bitácora.	Control de consumo mediante registro en bitácora.	Durante la etapa de operación y mantenimiento.

Componente ambiental	Acción que puede causar un impacto	Posible impacto ambiental	Medida de prevención y/o mitigación	Tipo de medida	Norma y/o disposición aplicable	Manera de aplicación	Seguimiento	Temporalidad
Ambiente marino en etapa de operación y mantenimiento.	Mantenimiento inapropiado en válvulas. Operación insegura del proceso de carga a buque.	Derrame se H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> al mar, afectaciones de baja magnitud a la flora y fauna marina.	Programa de mantenimiento de instalaciones de carga a buques. Revisión de seguridad en operación de carga se ácido sulfúrico a buque.	Preventiva.	Buenas prácticas de operación. Operación segura de instalaciones de carga de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a buque.	Aplicación estricta del programa de mantenimiento de instalaciones de carga a buques. Supervisión rigurosa de la aplicación del procedimiento de carga y de la operación de carga a buque.	Registros de aplicación del programa de mantenimiento y acciones llevadas a cabo, en su caso omisiones y comunicación a gerente de la operaciones de la Terminal Marítima de Guaymas. Actualización continua del procedimiento de carga de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a buque, y registro en bitácora de desviaciones, correcciones y acciones de mejora. Actualización en la capacitación de operarios de este procedimiento.	Durante la etapa de operación y mantenimiento.
Paisaje.	Presencia de instalaciones.	Disrupción paisajística.	Realizar un estudio que defina si el cambio en la cromática de las instalaciones mejoraría el impacto visual.	Mitigación	Buenas prácticas de operación.	Llevar a cabo el estudio de cromática de las instalaciones y aplicar las recomendaciones que de él deriven.	Mediante programación del estudio y asignación de recursos para su realización.	En un máximo de dos años a partir de la elaboración de la presente MIA-P.
Vegetación	Si bien no se anticipa impacto a la vegetación en la operación de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico, es recomendable llevar a cabo la identificación de áreas que pudieran ser sujetas de forestación en el interior de la terminal marítima de Guaymas. De ser el caso, utilizar especies locales para la forestación y elaborar y aplicar un programa de mantenimiento para garantizar la supervivencia y desarrollo de la nueva vegetación.							

## VI.2 IMPACTOS RESIDUALES.

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto ambiental, define en su artículo 3, fracción X: *Impacto ambiental residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.* A pesar de que la evaluación de impacto ambiental presentada en el Capítulo V no arrojó impactos ambientales significativos, algunos de los impactos no relevantes resultan residuales a la luz de la anterior definición. Los impactos determinados residuales en las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico en el Terminal Marítima de Guaymas se relacionan en el Cuadro VI.2.

Cuadro VI.2.- Impactos ambientales residuales asociados a la operación y abandono de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico en el Terminal Marítima

Indicador ambiental	Tipo de impacto	Comentario
Aire	Residual	Con independencia de las reducciones en las emisiones en las pipas y en las locomotoras, los motores de combustión interna no dejarán de emitir mientras funcionen.
Ruido	Residual	Los movimientos de pipas y carrotaques emitirán ruido a pesar de que circulen a baja velocidad. La generación de ruido es inherente al funcionamiento de motores diésel.
Suelo	Residual	En caso de derrame de ácido sobre el suelo, será neutralizado y recolectado. Este suelo se perderá, independientemente de que se sustituya con suelo de otro sitio.
Agua	Residual	El agua de lavado de pipas y carrotaques verá alterada su calidad, el pH se reducirá y puede llegar a contener metales disueltos. El agua en la fosa se evaporará el alguna medida, los sólidos sedimentarán y serán retirados y manejados como residuo peligroso.
Vegetación silvestre <sup>1</sup>	Residual y acumulativo	La modificación ocasionada a la cobertura y estructura de la vegetación, cuando la instalación fue construida, persiste y puede considerarse permanente.
Fauna silvestre <sup>2</sup>	Residual y acumulativo	El impacto ocasionado a la vegetación repercutió directamente en la fauna, así como la presencia de otras actividades industriales en la zona portuaria. La disminución de especies y poblaciones la influido adversamente en los procesos ecológicos.
Paisaje	Residual y acumulativo	La existencia de instalaciones industriales en la Terminal marítima de Guaymas y en el Recinto Portuario, así como la ciudad de Guaymas integran forman un conjunto visual cuyos elementos interactúan y caracterizan al paisaje local
Socioeconomía	Benéfico, residual y acumulativo	La participación del manejo del ácido sulfúrico se inserta en el ámbito socioeconómico local e incluso a escala nacional, con la generación de empleos, aportación de una sustancia vital para elaborar fertilizantes y para la industria química, y con contribuciones fiscales para los tres órdenes de gobierno.

Ahora bien, la aplicación de las medidas de mitigación presentadas en el Cuadro VI.1, se considera eficaz para contrarrestar los impactos y mantenerlos en su carácter no significativo.



<sup>1</sup> Se refiere al impacto ocasionado cuando las instalaciones fueron construidas.

<sup>2</sup> *Ibid.*

## VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

### VII.1. Pronóstico del escenario.

De las variables ambientales consideradas en el análisis del impacto ambiental por el manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas seleccionaron: Calidad del aire, nivel sonoro, suelo, vegetación, fauna, ambiente marino, paisaje y socioeconomía. En función del estado que actualmente presentan se les asignó una valoración inicial, en una escala de 0 a 1.0, donde 0 es degradación total, y 1.0 representa el estado óptimo. Así se ha determinado que las variables se describen actualmente con los valores siguientes: Calidad del aire 0.85, nivel sonoro 0.8, suelo 0.8, vegetación 0.65, fauna 0.70, ambiente marino 0.85, paisaje 0.70, y socioeconomía 0.80. Esta valoración es tomada como punto de partida para realizar una proyección de escenario basada en el lenguaje KSIM<sup>1</sup>, el cual parte de una matriz de impactos cruzados que interrelaciona cada variable con las restantes mediante un sistema de ecuaciones diferenciales que genera funciones de tiempo. KSIM se aplicó al manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas para obtener la proyección en el tiempo de las diferentes variables ambientales con respecto del escenario actual. La simulación se realizó con un horizonte a 25 años, que es 10 años más respecto del vencimiento de la concesión del predio en el Recinto Portuario<sup>2</sup>. Los gráficos generados presentan en las Figuras VII.1, y VII.2, e ilustran el comportamiento esperado de las variables analizadas, a partir de su valor inicial. Estas figuras corresponden a escenarios con manejo de ácido sulfúrico y sin medidas de mitigación; y a escenarios con manejo de ácido sulfúrico y aplicación de medidas de mitigación.

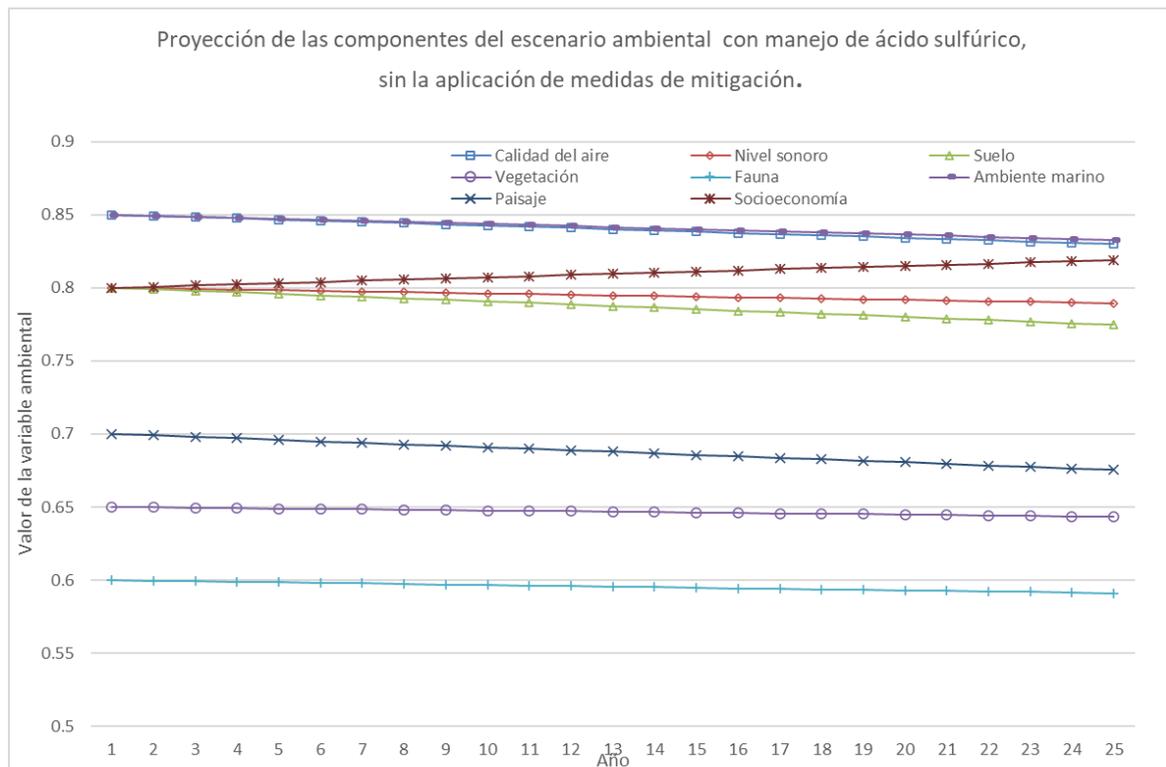


Figura VI.1.- Proyección de las componentes del escenario ambiental con manejo de ácido sulfúrico, sin la aplicación de medidas de mitigación.

<sup>1</sup> A Primer for a New Cross-Impact Analysis Language. KSIM. Kane Julius. American Elsevier Publishing Company.

<sup>2</sup> 20 de abril del año 2035 (Convenio modificatorio, cláusula vigesimoprimer. Anexo 1).

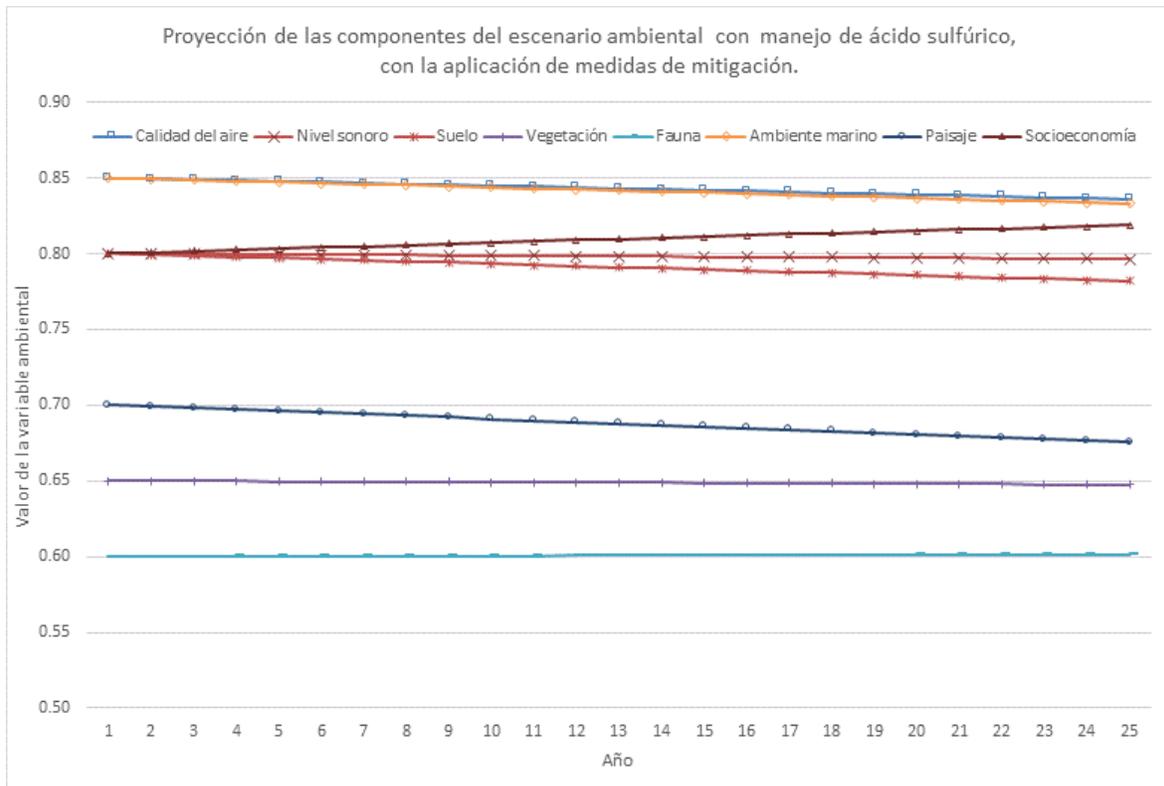


Figura VI.2.- Proyección de las componentes del escenario ambiental con manejo de ácido sulfúrico, con la aplicación de medidas de mitigación.

La comparación entre los escenarios proyectados se presenta en el Cuadro VII.1.

Cuadro VII.1.- Proyección KSIM de variables ambientales.

Variable	Valor porcentual de la variable proyectado al año 25		Variación porcentual entre escenarios
	Sin mitigación (Figura VII.1)	Con mitigación (Figura VII.2)	
Calidad de aire	-2.5	-1.7	Incremento de 0.8 %
Nivel sonoro	-1.4	-0.5	Incremento de 0.9 %
Suelo	-3.3	-2.4	Incremento de 0.9 %
Vegetación	-1.1	-0.4	Incremento de 0.7%
Fauna	-1.5	0.3	Incremento de 1.8 %
Ambiente marino	-2.1	-2.1	Sin cambio
Paisaje	-3.7	-3.7	Sin cambio
Socioeconomía	2.5	2.5	Sin cambio

Se aprecia en el cuadro anterior que las variaciones porcentuales entre ambos escenarios a los 25 años si bien reflejan la mejora de las variables ambientales calidad del aire, nivel sonoro, suelo, vegetación y fauna, los incrementos son pequeños. Ello es explicable, ya que los impactos ambientales fueron evaluados como no relevantes, de aquí que el efecto de las medidas de mitigación sea reducido pues el grado o nivel de impacto que se ocasiona es bajo. También destaca que las variables: ambiente marino, paisaje y socioeconomía no reflejan modificación, lo cual es explicable ya que para ellas no existen medidas de mitigación. En el ambiente marino debido a que

el impacto analizado, por su naturaleza, no admite medida de mitigación, para el paisaje se planteó un estudio, y en el caso de la socioeconomía se trata de un impacto positivo o benéfico.

#### **Evaluación de alternativas.**

No aplica la evaluación de alternativas para el manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, ya que se trata de instalaciones en operación, lo que nulifica la selección de otras opciones de localización.

#### **VII.2 Programa de vigilancia ambiental.**

El programa de vigilancia ambiental es el instrumento mediante el cual se dará oportuno cumplimiento a las medidas de mitigación. El impacto ambiental por la operación y abandono de las instalaciones para el manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas ha sido evaluado. Dada la naturaleza industrial del manejo del ácido sulfúrico, los impactos residuales se encuentran relacionados con diversas formas de contaminación, tanto potenciales (posible fuga o derrame) como de hecho (emisiones). Es a la prevención y minimización de estos impactos (Capítulo V) que se encuentra dirigido el Programa de Vigilancia Ambiental.

#### **Objetivo**

Garantizar la aplicación oportuna y el cumplimiento de las medidas de mitigación planteadas en el Capítulo VI de la presente manifestación de impacto ambiental, así como las obligaciones que deriven de la resolución en materia de impacto ambiental.

#### **Indicadores, levantamiento de información, frecuencia, interpretación de la información, retroalimentación.**

Se presentan en el Cuadro VII.1.

#### **Aplicación del programa de vigilancia ambiental.**

La aplicación del programa de vigilancia ambiental estará a cargo del Coordinador Ambiental de las instalaciones para el manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, cuyas funciones para este efecto serán:

#### **Responsabilidad.**

Aplicar cabalmente el programa de vigilancia ambiental.

#### **Funciones.**

- a) Formular y mantener actualizado un procedimiento de supervisión ambiental de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico.
- b) Aplicar el Plan de Manejo de Residuos peligrosos, conforme al registro aprobado.
- c) Aplicar las disposiciones del plan de manejo de residuos de manejo especial.
- d) Formular un procedimiento de actuación en caso de derrame de ácido sulfúrico, sea en suelo o en el mar, y hacerlo del conocimiento del área operativa. Incluir en el procedimiento la realización periódica de simulacros.

- e) Estudiar y programar el cumplimiento de los términos y las condicionantes de impacto ambiental, que contenga la resolución en la materia.
- f) Hacer del conocimiento de los operadores de las de las instalaciones para el manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas las obligaciones derivadas de la normatividad y de la resolución de impacto ambiental, relacionadas con la operación de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico y la prevención de impactos ambientales.
- g) Realizar recorridos de verificación por las instalaciones.
- h) Identificar y atender desviaciones, incumplimientos, anomalías y demás que puedan tener consecuencias ambientales.
- i) Llevar una bitácora de control donde se registren resultados de verificaciones, recorridos, muestreos y análisis, incidentes y accidentes de consecuencias ambientales.
- j) Prever, programar, y obtener los recursos humanos y económicos para el cumplimiento del programa de vigilancia ambiental.
- k) Informar al nivel jerárquico superior la necesidad de apoyo o soporte ante imprevistos, así como dar parte a las autoridades competentes en los casos que resulten procedentes.
- l) Proporcionar información derivada de la supervisión y de la corrección de desviaciones, a los operadores de las de las instalaciones para el manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, para el efecto de que modifiquen o corrijan los procedimientos preventivos (mantenimiento) y operativos (recepción, trasvase, almacenamiento y embarque de  $H_2SO_4$ ).
- m) Formular informes de cumplimiento semestral y hacerlos del conocimiento de los superiores jerárquicos, identificando en ellos aciertos y desviaciones, así como soluciones y oportunidades de mejor.

Cuadro VII.1.- Programa de vigilancia Ambiental. Indicadores ambientales, verificación, levantamiento e interpretación de información, indicadores de éxito y retroalimentación de información.

Indicador ambiental	Verificación	Levantamiento de información	Frecuencia	Interpretación de la información	Indicador de éxito	Retroalimentación
Calidad del aire	a).- Revisión visual de la emisión de los vehículos que ingresan a las instalaciones. b).- Supervisión.	Mediante observación y conteo de vehículos con emisiones ostensibles.	Un día a la semana, al azar.	Con referencia al carácter ostensible de la emisión vehicular.	Número de vehículos que ingresan a las instalaciones emitiendo visiblemente, entre más reducido sea mayor valor del indicador de éxito. Valor ideal = 0.	Quando la verificación reporte deficiencias, se evaluará su origen y, en su caso, se corregirá el procedimiento, la acción, actividad u omisión que la haya ocasionado. Tratándose de mediciones fuera de límites se identificará la causa y se procederá a la corrección o reparación que resulte necesaria.
Nivel de ruido	Recorrido para percepción sensorial del nivel de ruido.	Determinación del nivel sonoro conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994.	Anual.	Con referencia a la Tabla 1 de la NOM-081-SEMARNAT-1994.	No rebasar el nivel de ruido establecido en la NOM-081-SEMARNAT-1994.	En cualquier caso, se llevará una bitácora de control, donde se asentarán las deficiencias, omisiones, fallas, etc., que sean detectadas en las verificaciones y mediciones, y se extraerán las recomendaciones o acciones aplicadas para corregir el problema, con el fin de incorporarlas en los procedimientos de operación, mantenimiento, etc. Ello con la finalidad de evitar la repetición del suceso.
Manejo de residuos y Contaminación del suelo.	a).- Manejo cuidadoso de residuos peligroso y H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . b).- Procedimiento para el manejo de residuos peligrosos. c).- Actualización del plan de manejo de residuos de manejo especial. d).- Obras de canalización de	NOM-052-SEMARNAT-2005.  NOM-138-SEMARNAT/SS-2003.  Conforme a la autorización del plan de manejo de residuos de manejo especial.  Mediante recorridos de verificación	a).- Indeterminada. b).- En caso de derrame o fuga. c).- Según lo establezca la autorización del plan de manejo de residuos de tipo especial. d).- cuando menos una vez a la semana.	Con referencia a la caracterización de residuos peligrosos según la NOM-052-SEMARNAT-2005  Con referencia a la Tablas 2 y 3 de la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003  Con referencia a la autorización del plan de manejo.	Identificación de todos los residuos peligrosos que se generen y manejo seguro. No derrames de aceites, de residuos peligrosos, o de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> En caso de derrame remediar y caracterizar el suelo hasta lograr concentraciones inferiores a la establecida en la NOM-138-SEMARNAT-2003, o remediación del suelo.	

Indicador ambiental	Verificación	Levantamiento de información	Frecuencia	Interpretación de la información	Indicador de éxito	Retroalimentación
	drenaje pluvial limpias. e).- Supervisión.			En función del estado de las canalizaciones y de la trampa de sólidos.		
Vegetación	a).- Elaboración y aplicación de un programa de forestación en el predio de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico.	Registro fotográfico de avances. Registro de avances en bitácora de control.	Quincenal o la que indique el programa de forestación.	En función de la superficie forestada y del estado de la vegetación sembrada	Superficie forestada (m <sup>2</sup> ) y no pérdida de individuos de vegetación.	
Paisaje	Recorrido de observación, conforme al estudio que se realice.	Registro fotográfico, conforme a criterio del observador, en términos de lo que el estudio recomiende.	Trimestral o la recomendada por el estudio.	Contra estudio y autorización de impacto ambiental.	Disminución de la disrupción paisajística.	

### VII.3 Conclusiones

De la información reportada en la presente manifestación de impacto ambiental, respecto de las variables del sistema ambiental y del manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas, se concluye:

1. Las instalaciones se localizan en un recinto portuario, donde se realizan otras actividades industriales.
2. Las instalaciones para el manejo de ácido sulfúrico en la Terminal Marítima de Guaymas se encuentran en operación desde hace varias décadas.
3. Las operaciones que se realizan no implican procesos de transformación, ni el manejo de alguna sustancia considerada en los listados de actividades altamente riesgosas.
4. La localización de las instalaciones no presenta contraposición con los ordenamientos reguladores del uso del suelo que le son aplicables.
5. Los impactos ambientales por selección y preparación del sitio, así como por construcción han sido ocasionados.
6. Los impactos ambientales identificados en la operación y el abandono fueron evaluados, resultando no significativos o irrelevantes.
7. Para los impactos ambientales identificados y evaluados existe medida de mitigación aplicable.
8. La proyección del escenario ambiental sin y con la aplicación de medidas de mitigación, generó resultados que confirman la evaluación de impacto ambiental al reflejar la congruencia de las medidas de mitigación con la escala no significativa de los impactos ambientales.
9. El programa de vigilancia ambiental considera los elementos necesarios para garantizar que los impactos ambientales identificados y evaluados sigan siendo irrelevantes, es decir que no se transformen en significativos.



## **VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.**

### **VIII.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN.**

La presente manifestación de impacto ambiental, modalidad particular, se presenta impresa en original, una copia para Consulta al Público, cada ejemplar incluye un resumen ejecutivo, así mismo se entregan cuatro discos compactos con el contenido completo del estudio, y se incluyen por separado dos cartas responsivas, una firmada por la representación legal de la promovente y otra por el coordinador de presente estudio. Todos los archivos contenidos en los discos compactos de encuentran en formato PDF.

#### **VIII.1.1 Planos definitivos.**

Se presentan en el Anexo 2 y se encuentran referidos en el cuerpo de la manifestación de impacto ambiental.

#### **VIII.1.2 Fotografías.**

Se incluyen en el capítulo II de la manifestación de impacto ambiental y en el Anexo 4 (Anexo Fotográfico).

#### **VIII.1.3 Videos.**

No se tomó video.

#### **VIII.1.4 Listas de flora y fauna.**

Se incluyen en el capítulo IV de la manifestación de impacto ambiental en los Cuadros IV.1 (flora) y IV.2 (fauna).

### **VIII.2 OTROS ANEXOS**

1. En el Anexo 1 se incluye copia de la documentación:
  - 1.1. Escritura que contiene la constitución de la promovente.

- 1.2. Escrituras con el poder de cada representante legal de la promovente.
- 1.3. Contrato de cesión parcial de derechos de derechos y convenio modificatorio, para ocupar el predio en la APIGUAY.
- 1.4. Cédula del registro federal de contribuyentes de la promovente.
- 1.5. LICENCIA AMBIENTAL INTEGRAL LAI No. DGGA-LAI-111/10 emitida por el Gobierno del Estado de Sonora.
- 1.6. Registro del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos No. 26-PMG-1-1801-2015, otorgado por la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la SEMARNAT.
2. En el Anexo 2 se encuentra copia de los documentos siguientes:
  - 2.1. Plano de los polígonos 1, 2, y 3 que integran la superficie concesionada en el recinto portuario por la APIGUAY.
  - 2.2. Plano de instalaciones con cuadros de construcción.
  - 2.3. Cuatro planos de drenaje pluvial.
  - 2.4. Tabla de normales climatológicas en el periodo 1951-2010 de la estación 00026177 del Servicio Meteorológico Nacional.
3. En el Anexo 3 se encuentra copia de las hojas de datos de seguridad de las sustancias:
  - 3.1. Ácido sulfúrico.
  - 3.2. Óxido de calcio.
  - 3.3. Sosa cáustica.
4. En el Anexo 4, se presentan 36 fotografías de las instalaciones de manejo de ácido sulfúrico, algunas agrupadas para mejor ilustración, y numeradas de la 1 a la 30.



## BIBLIOGRAFÍA.

1. Canter, L. W., 1999. Environmental Impact Assessment. Mc. Graw Hill Book. New York, N. Y., U. S. A.
2. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. CONANP. [www.conanp.gob.mx](http://www.conanp.gob.mx). (consultado en marzo, 2012).
3. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. **CONABIO**. [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx).
4. Consejo Nacional de Población (CONAPO). Índices de marginación por entidad federativa, 2010.
5. Conesa Fernández-Vitoria, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 4a. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 2015.
6. Diario Oficial de la Federación. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana 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, publicada el 30 de diciembre de 2010.
7. Escribano, M. et al. 1987. "El Paisaje". Ministerio de Obras Públicas. Madrid, España.
8. García, A. E. 1980. Modificaciones al Sistema Climático de Köppen para la República Mexicana, Instituto de Geografía UNAM, México.
9. Gobierno del Estado de Sonora. Sistema de información Estadística del Estado de Sonora.
10. Imágenes Google Earth Pro. Noviembre/2019.
11. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
12. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
13. Rzedowski, J., 1980. Vegetación de México. Edit. Limusa. México.
14. Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Normales Climatológicas. [smn.cna.gob.mx](http://smn.cna.gob.mx).

Páginas o portales WEB:

[www.cna.gob.mx](http://www.cna.gob.mx)

[www.gob.mx/conanp](http://www.gob.mx/conanp)

[www.gob.mx/conapo](http://www.gob.mx/conapo)

[www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

<http://www.semarnat.gob.mx/sigeia>

<http://www.estadisticasonora.gob.mx/indicadores.aspx>

<http://guaymas.gob.mx/>

<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF00jE5LjQ3OTMwLGxvbjotOTkuMjMxMjAsejo5LGw6dGNzdXJfcG9saWdvbm98dGNzdWJzdXJ8dGNhc19wb2xpZ29ub3x0Y2lzYmFzX3VyYmFub3N8dGNpc2JhcXJMTExc2Vydm1jaW9zfHRjMTExc2Vydm1jaW9z>

<http://www.semarnat.gob.mx/temas/estadisticas-ambientales/espacio-digital-geografico-esdig>

<http://www.google>

