ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO

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

II Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo.

III Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables.

IV Descripción del Sistema Ambiental Regional (SAR) y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región.

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

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

VII Pronósticos ambientales regionales y evaluación de alternativas

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

CONTENIDO

Descripción	Página
RESUMEN EJECUTIVO	2

FIGURAS

Descripción	Página
Figura R. 1 Área de adjudicación	2
Figura R. 2 Ductos de interconexión	4
Figura R. 3 Delimitación Proyecto Hokchi	5
Figura R. 4 Sistema Ambiental Regional en donde se ubica el proyecto	6
Figura R. 5 Representación gráfica local de la ubicación del proyecto	7
Figura R. 6 Ubicación de los pozos a perforar	11
Figura R. 7 Perforación horizontal direccional para Arribo Costero de ductos marinos	14
Figura R. 8 Ubicación del proyecto en el Ordenamiento Ecológico General del Territorio	26
Figura R. 9 Ubicación del proyecto en el POEMRGMyMC	27
Figura R. 10 Sistema Ambiental Regional (SAR)	30

CUADROS

Descripción	Página
Cuadro R 1 Pozos a ser perforados	10
Cuadro R 2 Ductos marinos incluidos en el proyecto	13
Cuadro R 3 Pronóstico de producción	17
Cuadro R 4 Residuos, emisiones y descargas generados por el proyecto.	20

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

Durante la Licitación 2 de la Ronda 1, en el año 2015, la empresa en consorcio con EyP Hidrocarburos y Servicios S.A. de C.V., resultó adjudicada en una de las áreas ofrecidas. Posteriormente, el 7 de enero de 2016 se firmó el Contrato CNH-R01-L02-A2/2015 para la Extracción de Hidrocarburos bajo la modalidad de Producción Compartida entre la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) y Hokchi Energy S.A. de C.V. (Hokchi Energy).

El área de adjudicación se ubica en aguas territoriales del Golfo de México, a aproximadamente 30 km al noroeste del puerto Dos Bocas, municipio de Paraíso, en el estado de Tabasco, bajo un tirante promedio de agua de 30 m, como se muestra en la siguiente Figura:

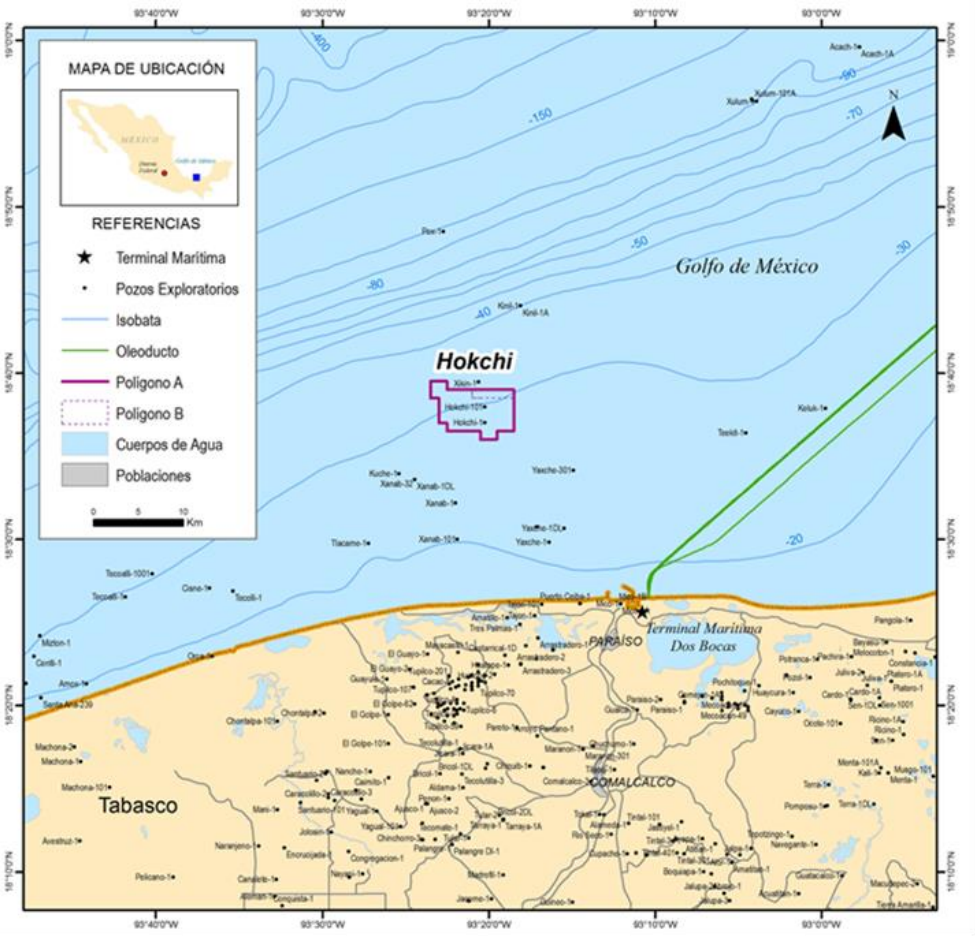


Figura R. 1 Área de adjudicación

El 4 de julio de 2016 Hokchi Energy ingresó la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular correspondiente al proyecto **Plan de Evaluación del Área Hokchi** para su autorización en materia de impacto ambiental a la ASEA.

El **Plan de Evaluación** tuvo como objetivo principal la delimitación de la acumulación de aceite en el yacimiento, así como también ajustar la interpretación geológica del área, para de esa manera diseñar un plan de desarrollo que maximice tanto la recuperación final como el beneficio económico del proyecto.

Una vez terminadas las actividades del Plan de Evaluación Hokchi Energy presentó ante la Comisión Nacional de Hidrocarburos el **Plan de Desarrollo del Área Hokchi** el cual fue autorizado.

Con base en lo antes descrito Hokchi Energy requiere presentar ante la ASEA, para su autorización, esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad regional, del proyecto de Ejecución del Plan de Desarrollo del Área Hokchi, en donde se incluyen las obras y actividades requeridas.

Cabe mencionar que Hochi Energy con el objeto de tener una base sólida para el desarrollo de esta MIA realizó una Caracterización Ambiental, la que incluye estudios ambientales específicos sobre la región en estudio.

Para esta caracterización se llevó a cabo un crucero oceanográfico que cubrió las áreas donde se instalarán las plataformas marinas y el trazo de los ductos marinos incluidos en el proyecto, tomado las muestras pertinentes para la caracterización marina. Asimismo se seleccionaron sitios en tierra firme para hacer recorridos y toma de muestras para la caracterización de la zona terrestre.

Es importante también mencionar que esta caracterización incluyó a los elementos ambientales: aire, agua, suelo y medio biótico, así como la identificación de pasivos ambientales y el comportamiento de la dispersión de contaminantes en el mar.

UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de desarrollo del campo Hokchi incluye tanto instalaciones marinas como terrestres, cuyas ubicaciones físicas se describen a continuación.

Instalaciones Marinas

El proyecto incluye dentro del área asignada dos plataformas marinas: la plataforma satélite y la plataforma central. Asimismo incluye en un mismo trazo un oleogasoducto, un ducto para el agua de inyección al campo y un ducto o cable submarino denominado umbilical en el que se alojarán el cableado de las señales de control y del suministro de energía eléctrica, estos ductos conectarán a las instalaciones marinas con las terrestres.

El proyecto también contiene una toma abierta para la captación de agua de mar, dicha agua después de ser tratada en la Planta Hokchi será utilizada como agua de inyección.

El arribo costero tanto para los ductos marinos que van hacia las plataformas marinas como para los que vienen de ellas será mediante la técnica de perforación horizontal direccional. Esta técnica

de aproximación a tierra, tiene la ventaja de que introduce una interrupción mínima en las áreas ambientalmente sensibles y una mínima perturbación para terceros.

El punto de inicio de la perforación direccional iniciará en tierra dentro del predio de Hokchi respetando los 20 metros de la Zona Federal Marítimo Terrestre y su punto de inicio o fin en el mar a una distancia de 700 a 1,200 metros de la costa.

Y finalmente el proyecto en su área marina contará con ductos de interconexión entre las dos plataformas (Satélite y Central), como se muestra en la siguiente Figura.

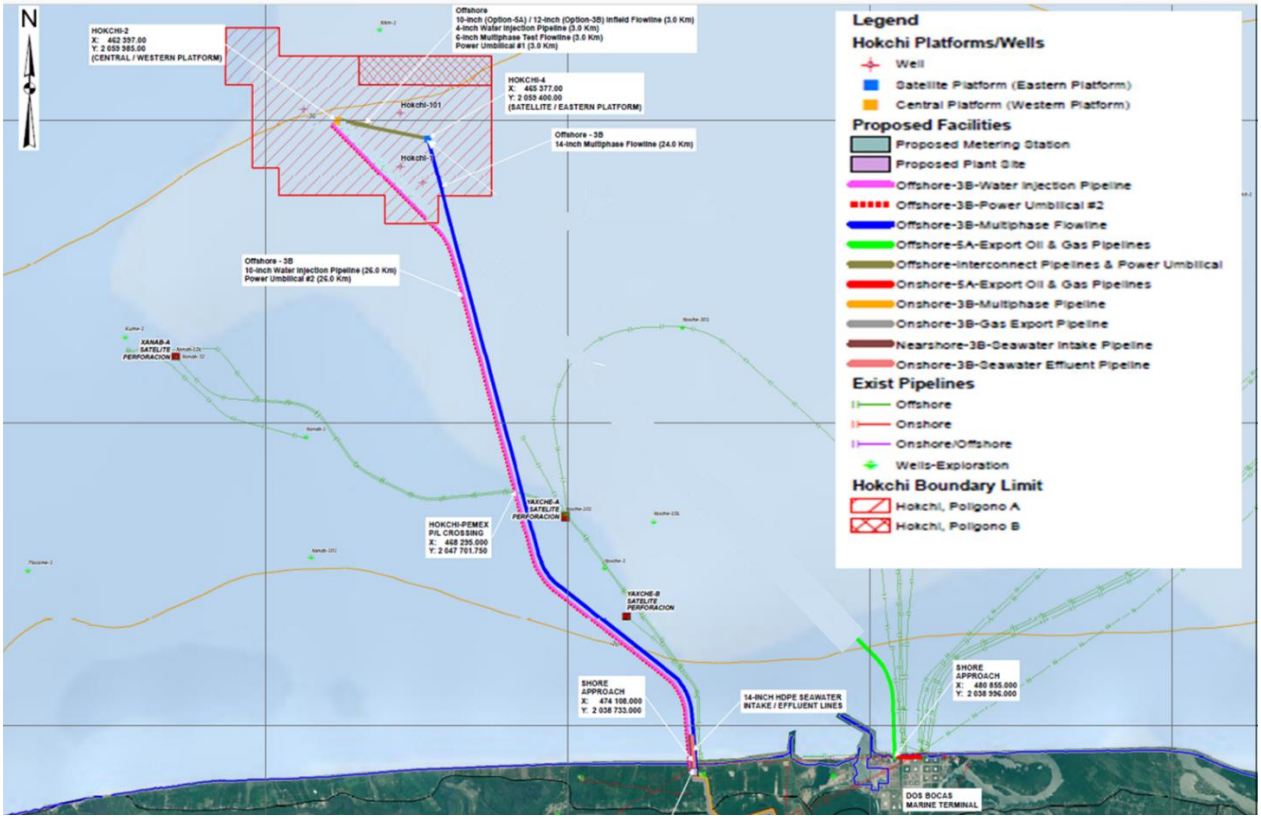


Figura R. 2 Ductos de interconexión

Instalaciones Terrestres

El proyecto contará con una Planta de separación y acondicionamiento del crudo, una estación de medición, dos ductos de producto (oleoducto y gasoducto) como se muestra en la siguiente Figura.

La principal instalación terrestre del proyecto es la Planta Hokchi Paraíso que está integrada en dos predios (fracción A y fracción B) y que incluye los siguientes sistemas: tratamiento de aceite, gas y agua, tratamiento e inyección de agua, compresión de gas y generación de energía eléctrica, así como servicios auxiliares, red de contraincendio, drenajes, desfogues, aire de instrumentos, nitrógeno y agua, así como la infraestructura administrativa (oficinas, depósitos, talleres, etc.) y

El proyecto contará con dos ductos terrestres o costa adentro que salen del Complejo Hokchi Planta Paraíso con destino a la Estación de Medición y que utilizaran un mismo trazo en un derecho de vía existente.





Figura R. 3 Delimitación Proyecto Hokchi

La superficie total requerida para el proyecto es de 493,950.07 m^2 (49.39 ha) aproximadamente, la que será utilizada de la siguiente manera:

Descripción	Área (m^2)
Instalaciones Marinas	
Plataforma satélite	145.00
Plataforma central	750.00
Corredor de ductos marinos (gasoducto, inyección de agua y umbilical)	24,000.00
Suministro de agua de mar	1,000.00
Corredor submarino de interconexión de plataformas	3,000.00
Instalaciones marinas Sub total	28,895.00
Instalaciones Terrestres	
Planta Hokchi (Fracc. A)	350,825.07
Planta Hokchi (Fracc. B)	88,665.00
Estación de medición	15,565.00
Corredor de ductos de planta Hokchi a estación de medición	6,000.00
Oleogasoducto a TMDB	4,000.00
Instalaciones terrestres Sub total	465,055.07
Área Total del Proyecto	**493,950.07 m^2**

El monto estimado de la in periodo de 2018 a 2040 es de: Costo de inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

Costo de inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP con recursos 100% propios de Hokchi Energy y considerando la siguiente distribución:

Inversión	Dólares americanos
Estudios e infraestructura Costos de Producción Subtotal Costos indirectos (fuera de territorio mexicano)	Costo de inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP
Total	

Representación gráfica regional

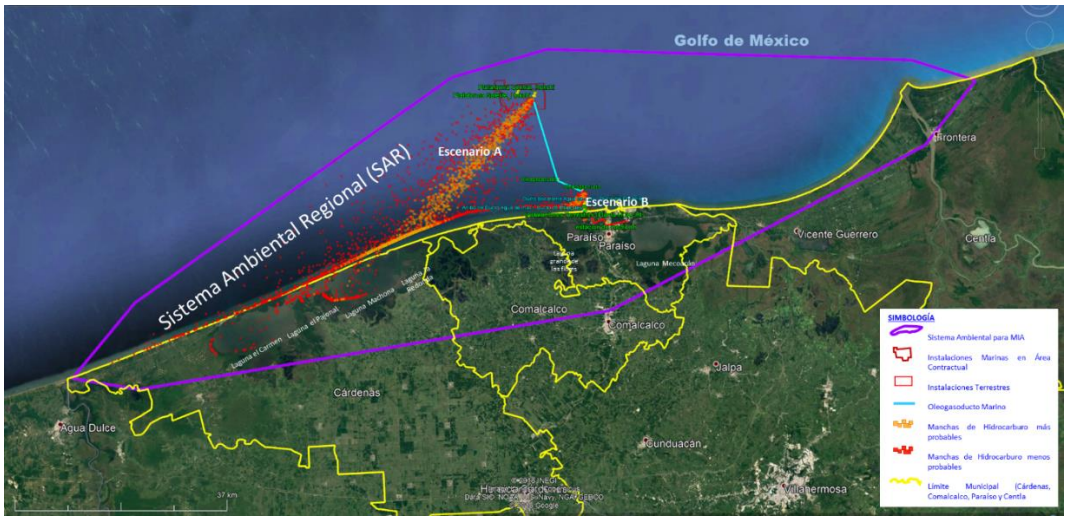


Figura R. 4 Sistema Ambiental Regional en donde se ubica el proyecto

Representación gráfica local

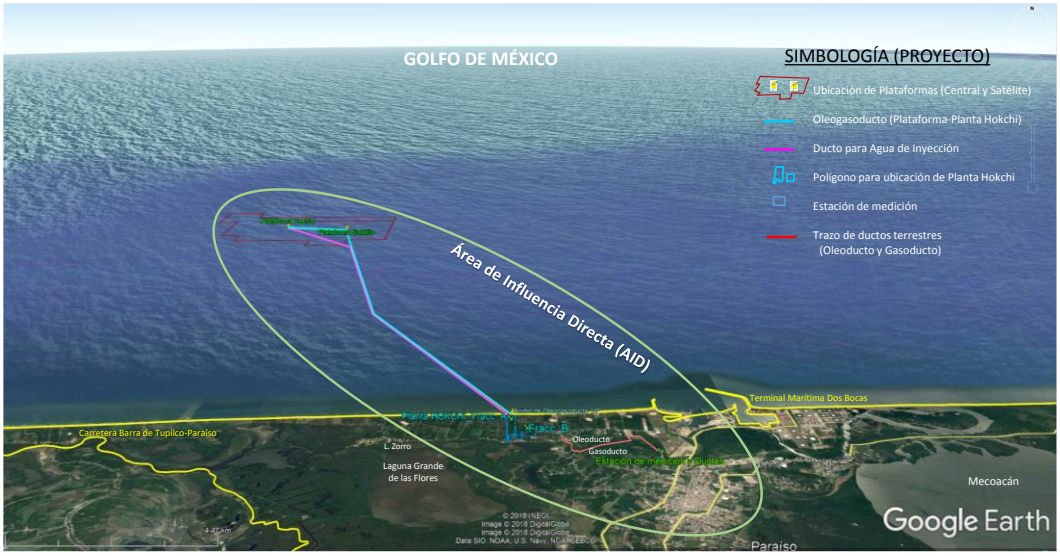


Figura R. 5 Representación gráfica local de la ubicación del proyecto

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Instalaciones Marinas

Las instalaciones marinas que abarca este proyecto incluyen dos plataformas marinas, así como los ductos marinos necesarios para la recolección del producto y la inyección de agua como se indican a continuación:

- Plataforma Central (Plataforma Oeste)
- Plataforma Satélite (Plataforma Este)
- Oleogasoducto (14”Ø por 24 km)
- Ducto umbilical de potencia (#2 por 26 km)
- Ducto de agua de inyección (10”Ø por 26 km)
- Toma de agua de mar
- Ducto de suministro de agua de mar (14”Ø por 1.0 km)
- Arribo costero de los ductos marinos (direccionado)
- Oleogasoducto de interconexión de plataformas (6”Ø por 3.0 km)
- Ducto de agua de inyección de interconexión de plataformas (4”Ø por 3.0 km)
- Ducto umbilical de potencia de interconexión de plataformas (#1 por 3.0 km).

Instalaciones Terrestres

Las instalaciones terrestres que se incluyen en este proyecto son las siguientes:

- Complejo Hokchi Planta Paraíso
- Estación de Medición
- Oleogasoducto (14”Ø por 6 km), de Hokchi Planta Paraíso a Estación de Medición
- Gasoducto (6”Ø por 6 km), de Hokchi Planta Paraíso a Estación de Medición
- Puntos de conexión con ductos de PEMEX existentes

PREPARACIÓN DEL SITIO

En este apartado se describen las actividades de preparación del sitio tanto para las instalaciones costa afuera o marinas como para las instalaciones terrestres.

Instalaciones Marinas

La etapa de preparación del sitio para las instalaciones marinas de este proyecto consiste en determinar la morfología del fondo marino, así como la identificación de presencia de estructuras u obstáculos en las áreas en donde serán ubicadas tanto las plataformas como los ductos, se incluye el desarrollo los estudios Geotécnicos, cuyo objeto es obtener datos del fondo y sub-fondo marinos en las áreas Hokchi.

Finalmente durante la etapa de preparación del sitio y previamente al inicio de la etapa de construcción, buzos inspeccionarán el fondo marino para detectar obstáculos que puedan entorpecer los trabajos de instalación y si existen obstáculos se retiran.

Instalaciones Terrestres

Planta Hokchi Paraíso, el predio en el que se instalará el Complejo Hokchi Planta Paraíso tiene un área de 43.9 ha y equivalen a 439,490 m^2. Este predio actualmente presenta cultivo de coco, que es el principal cultivo de los suelos costeros del municipio de Paraíso.

Las principales actividades que se llevarán a cabo durante la preparación del sitio son: remoción de vegetación (deshierbe), despalme y limpieza, compactación y nivelación.

Estación de Medición, en el predio donde se instalará actualmente presenta pastizal para ganadería. Durante esta etapa del proyecto en este predio se llevarán a cabo actividades de remoción de la vegetación (desmonte), despalme y limpieza, compactación y nivelación.

Ductos Terrestres, todos los ductos terrestres dentro del alcance del proyecto serán instalados en derechos de vía existentes y estos derechos de vía están ubicados en su mayoría en zonas agrícolas y ganaderas, así como en algunos casos cercanos a zonas poblacionales.

Debido a esto las actividades de preparación del sitio quedan reducidas al deshierbe y restringidas a la zona que ocupe la amplitud del derecho de vía y, en caso necesario, del camino de acceso.

Se utilizarán los caminos de acceso ya existentes para ingresar a los derechos de vía. En el caso excepcional de que sea imprescindible la apertura de nuevos caminos de acceso para llegar a las instalaciones, se debe cumplir con lo establecido en la legislación local aplicable. Durante estas actividades no se utilizarán agroquímicos y/o fuego.

CONSTRUCCIÓN

A continuación se describirán las obras permanentes y asociadas incluidas en el proyecto primeramente las del medio marino (costa fuera) y seguidamente las terrestres (sobre tierra firme), así como sus correspondientes actividades de construcción.

Instalaciones Marinas

Las instalaciones marinas que abarca este proyecto incluyen dos plataformas marinas, así como los ductos marinos necesarios para la recolección del producto y la inyección de agua, lo que se describe a continuación.

Plataformas Marinas

Las plataformas marinas están constituidas de tres partes principales: la subestructura, que es el segmento que se ubica del nivel de agua al lecho marino, la superestructura, que se refiere a la parte que se ve a simple vista sobre el agua y la cimentación, conformada generalmente por pilotes. A continuación se describen las plataformas marinas incluyendo sus pozos de desarrollo que serán perforados y están en el alcance del proyecto. Las plataformas dentro del alcance del proyecto serán del tipo Wellhead y no tripuladas.

Plataforma Satélite (Plataforma Este)
La subestructura de esta plataforma se encontrará fija al fondo del océano mediante pilotes, es del tipo trípode con 18.3 m (60´) por lado a una elevación de 16 m, estará construida con marcos, vigas, columnas, arriostramientos, elementos diagonales y puntuales de acero.

La superestructura incluye tres cubiertas denominadas: bodega, bocas de pozo y principal.

Plataforma Central (Plataforma Oeste)
La plataforma central contará con cuatro cubiertas bodega, cabezas de pozo, principal y helipuerto, lo que se describe a continuación.

La subestructura de esta plataforma tendrá seis patas y ocupará un área en el fondo del marino de 36.6m por 20.5m y estará fija al fondo del océano mediante pilotes, estará construida con marcos, vigas, columnas, arriostramientos, elementos diagonales y puntuales de acero.

La superestructura de esta plataforma contará con cuatro cubiertas: bodega, cabezas de pozo, principal y helipuerto.

Pozos
En el campo Hokchi se construirán 9 (nueve) pozos, de los cuales se perforarán 8 (ocho) desde la plataforma Oeste y uno desde la plataforma Este, lo cual se encuentra indicado en siguiente Cuadro.

Cuadro R 1 Pozos a ser perforados

Pozo	Posición	Coordenadas en la plataforma		Coordenadas en el lecho marino		Profundidad
		X	Y	X	Y	
Hokchi-7	Este	Coordenadas Pozos (Información Reservada) Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP				Profunidad pozos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP
Hokchi-11	Oeste					
Hokchi-18	Oeste					
Hokchi-19	Oeste					
Hokchi-21	Oeste					
Hokchi-22(H)	Oeste					
Hokchi-23(H)	Oeste					
Hokchi-24(H)	Oeste					
Hokchi-25(H)	Oeste					

Cabe mencionar que la propuesta de desarrollo del campo Hokchi incluye recuperación secundaria mediante la inyección de agua, debido a esto su configuración en cuanto a pozos incluye 7 (siete) pozos productores (3 horizontales) y siete (7) pozos inyectores de agua (1 horizontal).

La producción del campo proveniente de los pozos será captada en las dos plataformas marinas en donde se instalarán las cabezas de pozos tanto inyectores como productores, y los cabezales de producción y ensayo, así como los sistemas para brindar servicios auxiliares y control de las instalaciones.

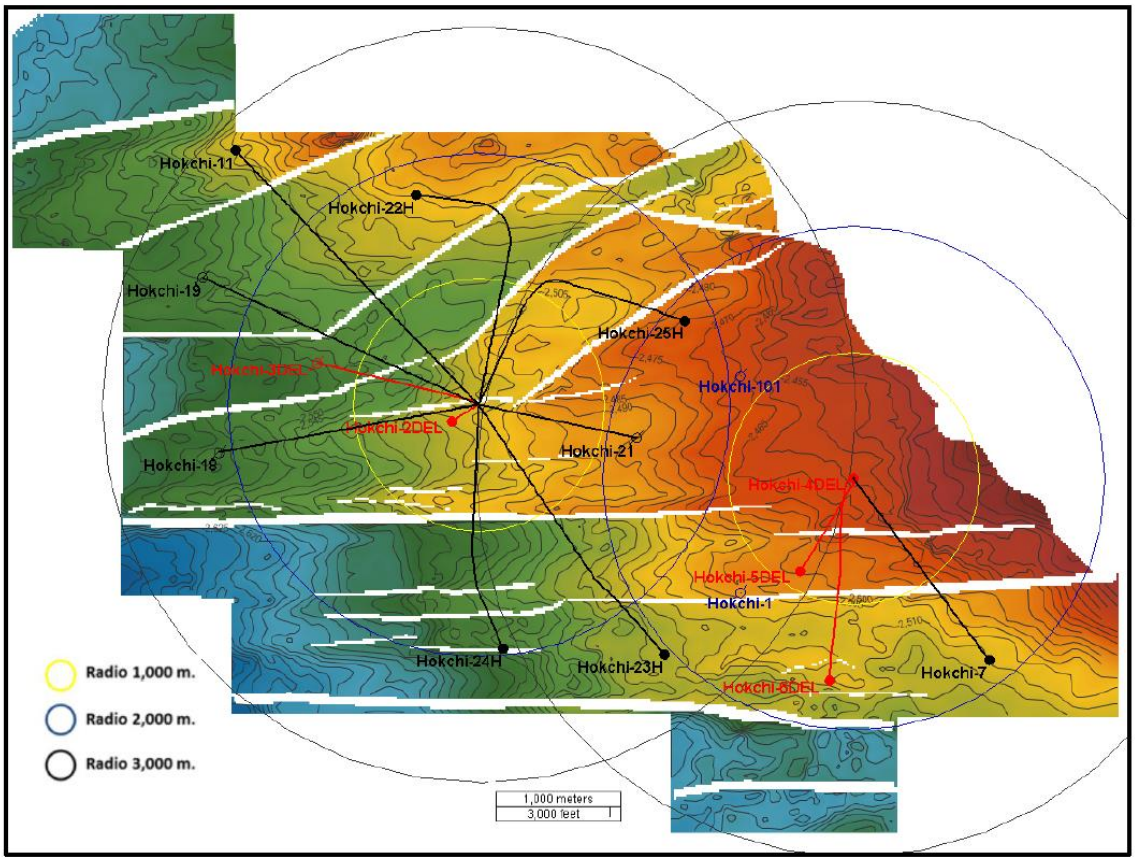


Figura R. 6 Ubicación de los pozos a perforar

La Plataforma Satélite albergará 4 (cuatro) pozos y contará con slots disponibles para 2 (dos) pozos inyectores adicionales. La Plataforma Central tendrá 10 (diez) pozos, 6 (seis) productores y 4 (cuatro) inyectores, asimismo 6 slots disponibles adicionales. Estos nueve pozos nuevos incluidos en este proyecto, serán perforados utilizando herramientas direccionales, con una geometría tipo “J” y horizontal, todos tendrán el inicio de la desviación (KOP) luego de la finalización de la etapa de tubería de revestimiento de 20”.

Cinco de estos pozos serán tipo “J”, una vez alcanzada la máxima inclinación en cada uno de los pozos, se mantendrán las trayectorias tangenciales hasta alcanzar los objetivos planteados.

Cuatro de estos pozos serán horizontales, los mismos serán tipo “J” hasta el sello del reservorio donde llegarán con un ángulo tangente, luego se comenzará a crecer el ángulo para entrar en el objetivo con el ángulo horizontal planteado.

Actividades de Construcción para las Plataformas Marinas
Para la instalación de este tipo de estructuras se requiere de las siguientes etapas generales:

- Lanzamiento de la subestructura.
- Colocación e instalación de la subestructura.
- Pilotaje y cimentación.
- Colocación de la superestructura

Lanzamiento de la subestructura
Para el lanzamiento de la subestructura se utiliza un chalán de carga, un remolcador y un barco grúa, cada uno con una función específica.

Dependiendo de las condiciones del viento, oleaje, corrientes, etc., se elige la forma de descargar la subestructura: Lanzamiento Directo o Izaje, las dos formas de lanzamiento implican operaciones complejas que requieren de sincronización entre el funcionamiento de barcos, equipos, personal, sistemas de flotación, anclado, etc.

Colocación e instalación de Subestructura
La maniobra se inicia con la llegada del chalán de carga al lugar de colocación, el cual es anclado a una distancia de 450 m del barco grúa; a continuación se cortan las amarras, posteriormente con el cable del malacate del barco grúa se tira de la subestructura. La subestructura cae por su propio peso en un nivel superficial, gracias a que las patas o soportes se encuentran selladas herméticamente impidiendo el paso del agua.

Pilotaje y cimentación
Los pilotes tienen un diámetro de 1.2 m o más de acuerdo con la ingeniería de detalle, con un espesor que varía de 3 cm. a 6.3 cm. de acuerdo con la posición del pilote, su longitud varía también de acuerdo con las características de la plataforma y las del lecho marino, alcanzando profundidades de hasta 100 m.

Para la maniobra de piloteo se utilizan martillos de vapor con peso inferior a 130 Ton que va de 30,000 a 300,000 lb/ft de energía. La subestructura una vez alineada y nivelada en su posición, es cimentada por medio de martillos de vapor que golpean la parte superior del pilote hasta el enterramiento deseado.

Colocación de la superestructura
La superestructura es transportada en chalán al lugar de instalación, se coloca sobre la subestructura, colocada ésta se soldan las juntas, se nivela la cubierta, finalmente se colocan las escaleras retractiles para acceso, las defensas de los atracaderos y demás accesorios.

Actividades de Construcción para los Pozos
Para los trabajos de perforación se utilizará un sistema rotatorio, usando tuberías que se cementarán para alojar estas tuberías de revestimiento, cada una de éstas se fija a las paredes del pozo mediante una lechada de cemento.

El material producto de la perforación se extrae hacia la superficie por medio de un flujo continuo de lodo bentonítico que se inyecta por el interior del tubo de perforación saliendo por las toberas de la barrena para regresar a la superficie arrastrando el material de corte.

El proceso de construcción de los pozos, Hokchi utilizará la metodología denominada “VCDER” (Visualización, Conceptualización, Definición, Ejecución y Revisión), la cual es ampliamente usada en operaciones alrededor del mundo; esta metodología permite llevar a cabo las labores de planeación e ingeniería de una manera progresiva y por etapas, a fin de capturar mejoras sucesivas a medida que se adquieren mayores certezas de los distintos frentes de trabajo del proyecto y hasta alcanzar las etapas finales de Ejecución y Revisión. Todos los pozos propuestos a perforar se realizarán con una unidad auto-elevable (Jack-Up).

Ductos Marinos

Considerando los ductos y cables umbilicales el proyecto incluye ocho ductos marinos los que se muestran en el siguiente Cuadro, tres conectan a las plataformas marinas con el arribo costero, tres son de interconexión entre plataformas y dos que manejan el agua de mar y cuya longitud tan solo será de 1.0 km.

Cuadro R 2 Ductos marinos incluidos en el proyecto

Servicio	De	A	Diámetro (pulgadas)	Longitud (km)	Material	Recubrimiento
Oleogasoducto principal	Plataforma Satélite	Arribo costero	14”	24.0	API 5L X52	FBE
Oleogasoducto de interconexión	Plataforma Central	Plataforma Satélite	12”	3.0	API 5L X52	FBE
Agua de inyección	Arribo costero	Plataforma Central	10”	26.0	API 5L X52	FBE
Agua de inyección de interconexión	Plataforma Central	Plataforma Satélite	4”	3.0	API 5L X52	FBE
Umbilical principal	Arribo costero	Plataforma Central	Calibre #2	26.0	Cobre y fibra óptica	Manguera y acero
Umbilical principal de interconexión	Plataforma Central	Plataforma Satélite	Calibre #1	3.0	Cobre y fibra óptica	Manguera y acero
Alimentación de agua de mar	Toma de agua de mar	Arribo costero	14”	1.0	Polietileno de alta densidad	No aplica

Actividades de Construcción para los Ductos Marinos

Para la definición de las rutas de los ductos marinos este proyecto consideró evitar las zonas que sean ambientalmente sensibles y / o prohibidas por el gobierno. Asimismo la de minimizar el número de cruces con ductos existentes.

Para la construcción de los ductos submarinos se aplicará el sistema “Lay Barge”, el cual utiliza una barcaza o plataforma móvil en la que se suelda la tubería antes de tenderla sobre el lecho marino.

Cada tramo de ducto cuya longitud es de 12 metros y para su protección tanto mecánica como anticorrosiva, llevan un revestimiento tricapa: una de resinas epoxídicas (contra la corrosión), otra de material adhesivo (para fijar el revestimiento) y una tercera de polipropileno (para proteger al tubo de golpes y rozaduras).

Una vez sobre la barcaza, los tubos son colocados en la parte central de la misma y elevados a la torre de soldadura, donde se procede a su unión mediante arco eléctrico. Asimismo se comprueban una a una las soldaduras mediante técnicas denominadas no destructivas.

Los ductos se van enterrando para protegerlos del tráfico marítimo u otros factores externos, manteniendo siempre un espesor de cubierta de 1.0 metros. Una máquina dragadora va haciendo la zanja en la que se entierra el ducto.

Arribo costero de los ductos marinos

El arribo costero tanto para los ductos marinos que van hacia las plataformas marinas como para los que vienen de ellas será mediante la técnica de perforación horizontal direccional, el cual tendrá su punto de inicio o fin a una distancia de 700 a 1,200 metros de la costa. Esta técnica de aproximación a tierra, tiene la ventaja de que introduce una interrupción mínima en las áreas ambientalmente sensibles y una mínima perturbación para terceros.

Esta técnica consiste en la perforación de un orificio piloto inicial, para posteriormente continuar con la perforación lo cual que se realiza con un paquete de navegación de fondo, retransmitiendo la posición y profundidad al equipo de perforación.

El equipo de perforación cuenta con un taladro denominado escariador retráctil: el diámetro del orificio se amplía utilizando diferentes tipos de escariadores dependiendo de las condiciones del suelo.

La tubería es instalada cuando el orificio se abre a un diámetro adecuado y la tubería o el cable se colocan en su posición definitiva. La siguiente Figura muestra una ilustración de la técnica de Perforación horizontal Direccional para Arribo Costero que será utilizado en este proyecto.

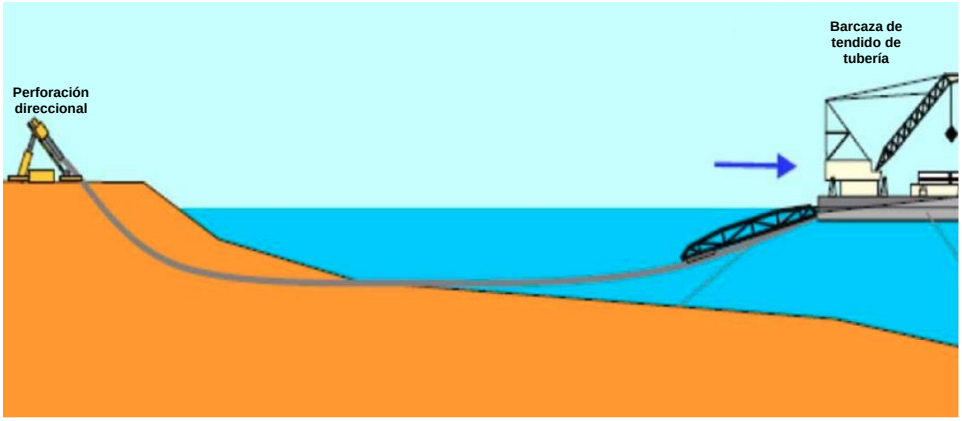


Figura R. 7 Perforación horizontal direccional para Arribo Costero de ductos marinos

Instalaciones Terrestres

Las instalaciones terrestres que abarca este proyecto incluyen el Complejo Hokchi Planta Paraíso la Estación de Medición, los ductos terrestres de la Planta Paraíso a la Estación de Medición (oleogasoducto y gasoducto), lo que se describe a continuación.

Planta Hokchi Paraíso

Esta planta incluye los sistemas de: tratamiento de aceite, compresión y deshidratación de gas, tratamiento de agua congénita, tratamiento de agua de mar inyección de agua y generación eléctrica.

Tratamiento de Aceite:

Este sistema cuyo objetivo es separar los tres componentes del crudo proveniente de las plataformas (aceite, gas y agua congénita) incluye un calentador de aceite, dos separadores trifásicos (producción y baja presión), dos tanques de almacenamiento de crudo atmosféricos del tipo API con capacidad para un día de producción, bombas de exportación de crudo y su paquete

de medición, todos los equipos serán de acero al carbón y con capacidad para manejar 35,000 bpd.

Compresión y deshidratación de gas
Este sistema tiene por objeto el acondicionar el gas a las condiciones requeridas para su exportación y para su consumo interno en la generación de energía eléctrica total requerida por el proyecto en su etapa operativa

El sistema incluye dos compresores, uno de ellos de dos etapas, deshidratador a base de glicol y un paquete de medición.

Tratamiento de agua congénita
El agua producida (agua congénita) se alimenta a un paquete de tratamiento de aguas terciario para la eliminación de carga orgánica, el agua tratada se almacena en un tanque atmosférico para finalmente ser enviada al sistema de inyección de agua a los pozos. Cabe mencionar que al inicio de operaciones cuando no se requiere inyección de agua al campo el agua producida será manejada con una empresa especializada para su tratamiento y/o disposición final

Tratamiento de agua de mar
El agua de mar debe cumplir con ciertas especificaciones de calidad para su inyección a los campos petroleros para evitar el taponamiento e incrustamiento de los sistemas de inyección, el sistema de tratamiento que será integrado en este proyecto incluye una unidad de reducción de sulfato SRU (Sulphate Reduction Unit), también incluye un desaerador a vacío, filtros para ultrafinos, generador de hipoclorito de sodio, inyección de químicos y las bombas de inyección.

Estación de Medición
En esta estación se incluyen los sistemas de medición dinámica de volumen de los hidrocarburos líquidos y del gas y cuyo objetivo principal es la medición fiscal de los hidrocarburos. Los sistemas de medición determinarán volumen neto y calidad de hidrocarburo producido y que serán entregados a terceros, esta estación se construirá en un predio independiente de la planta Hokchi que estará ubicado aproximadamente 3.5 km de la planta.

El objetivo de esta instalación será contener los equipos y personal requeridos para la medición fiscal del gas y del aceite producido por Hokchi. Esta instalación contará con: la propia unidad para medición de aceite, situada bajo techo, un puente de medición de gas también bajo techo, sala de operadores, laboratorio para análisis de muestras de gas y aceites, así como sus servicios auxiliares (desagües, drenajes, electricidad, trampas receptoras de diablos y sistemas de electricidad de emergencia (generador diesel). Asimismo incluye comunicación permanente mediante fibra óptica y radioenlace con la planta Hokchi.

Ductos terrestres
Los ductos terrestres incluidos en el proyecto, oleoducto y gasoducto, serán enterrados y se instalarán en derechos de vía existentes. El oleoducto de 14”Ø por 6 km de longitud y el gasoducto de 6”Ø por 6 km de longitud. Estos ductos enviarán la producción de la Planta Hokchi a la Estación de Medición.

El oleducto fue diseñado para 35,000 bpd, con una presión de 41.8 kg/cm^2 (40 barg) fabricado con material API 5L X52 e incluye recubrimiento anticorrosivo FBE (Fusion Bonded Epoxy) y protección catódica de Al-Zn

El gasoducto fue diseñado para 13 MMSCFD a 87.7 kg/cm^2 (85 barg), fabricado con material API 5L X52 e incluye recubrimiento anticorrosivo FBE (Fusion Bonded Epoxy) y protección catódica de Al-Zn

OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES DEL PROYECTO

Instalaciones Marinas

Con respecto a las actividades provisionales requeridas por el proyecto para las instalaciones marinas, estas se limitan a las de apoyo en el transporte de equipo y materiales desde la costa al sitio del proyecto, las cuales se realizan en embarcaciones como chalanes, remolcadores, barcos grúa y barcazas, así como el señalamiento y aislamiento de las áreas de trabajo.

Cabe mencionar que las barcazas cuenta con instalaciones consideradas dentro de la categoría de obras provisionales como son: talleres, almacenes, bodegas, dormitorios, sanitarios, energía eléctrica, etc.

Instalaciones Terrestres

En cuanto a la apertura o rehabilitación de caminos de acceso el proyecto considera utilizar los caminos de acceso ya existentes tanto para el ingreso al predio donde se instalará el Complejo Hokchi Planta Paraíso como para ingresar a los derechos de vía en donde se instalarán los ductos incluidos en el proyecto. En el caso excepcional de que sea imprescindible la apertura de nuevos caminos de acceso para llegar a las instalaciones, se cumplirá con lo establecido en la normatividad local aplicable.

En cuanto a las actividades consideradas como provisionales incluidas en la instalación de los ductos estarán limitadas a ser realizadas dentro de los propios derechos de vía existentes, en el caso excepcional de que sea imprescindible la utilización de alguna área adyacente se deberá cumplir estrictamente con lo establecido en la normatividad local aplicable.

Con respecto al Complejo Hokchi Planta Paraíso**,** se contempla un almacén temporal para materiales y maquinaria que ocupará una superficie de 200 m^2, oficinas móviles (camper) y un área para sanitarios portátiles, estas instalaciones serán ubicadas dentro del predio del proyecto y serán retiradas al concluir la etapa de construcción.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La etapa de operación de este proyecto se puede resumir a que la producción captada en dos plataformas marinas es entregada sin tratar en instalaciones terrestres propias de Hokchi, dónde se procesa para obtener la especificación comercial y finalmente es inyectada a ductos comerciales existentes de terceros.

La producción del campo Hokchi será captada en las dos plataformas marinas no tripuladas en donde se encuentran instalados los pozos inyectores y productores, los cabezales de producción y de prueba, así como los sistemas de servicios auxiliares, sistemas eléctricos y los sistemas de control de las instalaciones.

Al inicio de la operación los pozos producirán por presión natural, luego, en cada pozo se instalará una bomba electrocentrífuga como método de levantamiento artificial.

Todas las instalaciones alcance de este proyecto, tanto las marinas como las terrestres serán diseñadas y construidas para la capacidad total de producción del Área Hokchi (35,000 bls por día). Los pronósticos de producción fueron calculados a partir de simulaciones numéricas realizadas, en base en el modelado estático y dinámico realizado para el área.

En el siguiente Cuadro se indican los pronósticos de producción (aceite y gas), por pozo y a nivel global.

Cuadro R 3 Pronóstico de producción

	Campo	Pozo	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Producción de Aceite [bpd]	Hokchi	Hokchi-11	Pronósticos Producción (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP																				
	Hokchi	Hokchi-22H																					
	Hokchi	Hokchi-23H																					
	Hokchi	Hokchi-2DEL																					
	Hokchi	Hokchi-3DEL																					
	Hokchi	Hokchi-4DEL																					
	Hokchi	Hokchi-5DEL																					
	Hokchi	Hokchi-6DEL																					
	Hokchi	Hokchi-7																					
	Hokchi	Hokchi-25H																					
		Total																					

	Campo	Pozo	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Producción de Gas [M scfd]	Hokchi	Hokchi-11	Pronósticos Producción (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP																				
	Hokchi	Hokchi-22H																					
	Hokchi	Hokchi-23H																					
	Hokchi	Hokchi-2DEL																					
	Hokchi	Hokchi-3DEL																					
	Hokchi	Hokchi-4DEL																					
	Hokchi	Hokchi-5DEL																					
	Hokchi	Hokchi-6DEL																					
	Hokchi	Hokchi-7																					
	Hokchi	Hokchi-25H																					
		Total																					

Por otro lado los resultados de la etapa de Evaluación concluyeron que tanto el aceite como el gas provenientes de los pozos Hokchi presentan muy buena calidad, mostrando el aceite muy bajo contenido de agua y sedimentos (BWS <0.5% ASTM D 4007), sin H_2S, con un contenido de sal << 50lbs/100 bbl (ASTM-D 3230) y de compuestos azufrados menor al 3.5% (ASTM 4294), por lo tanto se concluyó que no sería conveniente mezclar este aceite con corrientes de aceites de terceros ya que esto implicaría desmejorar las muy buenas características presentadas por el aceite de Hokchi.

La producción desde la Plataforma Central se enviará a la Plataforma Satélite, a una distancia de aproximadamente 3 km. El petróleo, el gas y el agua separados se combinan y se transportan a la planta de procesamiento en tierra (distancia de 24 km) a través de un oleogasoducto.

La inyección de agua a la Plataforma Central se suministrará desde la planta de procesamiento en tierra a una distancia de aproximadamente 26 km, mientras que la futura inyección de agua en la Plataforma Satélite se suministrará desde la Plataforma Central a una distancia de aproximadamente 3 km.

La energía requerida en la plataforma satélite, se suministrará a través de un cable umbilical desde la planta en tierra a través de la plataforma central (es decir, desde la planta costa adentro a la plataforma central, luego desde la plataforma central a la plataforma satélite). La energía eléctrica será suficiente para hacer funcionar las bombas electrosumergibles de ambas plataformas. La comunicación de las plataformas y el control del proceso se realizarán mediante un cable de fibra óptica integrado en el cable umbilical de potencia.

Complejo Hokchi Planta Paraíso

Estas instalaciones reciben el crudo 35,000 bpd de crudo o 45,000 bpd de producción bruta a una presión de 8.6 Kg/cm^2 y a una temperatura de 21 ^{o}C proveniente de la plataforma satélite, para ser alimentado a los trenes de calentamiento de entrada en donde se calienta hasta 45 ^{o}C y este crudo es alimentado a los dos trenes de separación de producción.

En los separadores de producción se obtienen 18,284 bpd de líquido a 7.0 Kg/cm^2 y 44.7 ^{o}C, 5.91 MMSCFD de gas y 5,236 bpd de agua congénita en cada uno de los separadores.

El líquido se envía a un tratamiento electrostático, que consiste en un separador de dos fases que utiliza un campo electrostático para quitar el agua y las sales del crudo, permitiendo un transporte económico para su procesamiento aguas abajo.

Después del tratamiento electrostático el crudo es enviado a almacenamiento al tanque de almacenamiento de 35,000 bls, para finalmente ser bombeado hacia la estación de medición y finalmente interconectado en ductos existentes de terceros.

Por otro lado el gas separado es comprimido y enviado a un sistema deshidratador a base de un glicol, para posteriormente ser enviado a la estación de medición, para finalmente conectarlo a un gasoducto existente de terceros.

El agua congénita producida es enviada a un sistema de tratamiento de flotación inducida por gas.

La tecnología de flotación inducida por gas es un proceso de tratamiento de agua que clarifica las aguas mediante la eliminación de materia en suspensión como el petróleo. La eliminación se logra inyectando burbujas de gas en el agua en un tanque de flotación. Las pequeñas burbujas se adhieren a la materia suspendida haciendo que la materia suspendida flote a la superficie del agua donde luego puede ser removida por un dispositivo de desnatado.

El agua congénita una vez tratada se une con el agua de mar tratada para ser enviada a las plataformas marinas como agua de inyección.

Cabe mencionar que el agua congénita obtenida en los Trenes de Separación y en el Sistema de Deshidratación y Estabilizado de Aceite, durante el tiempo que no sea necesario la inyección de agua al campo, será conducida al Sistema de Tratamiento de Agua Congénita donde se recuperará el poco aceite que pudiera tener disuelto el agua congénita, posteriormente se dispondrá su manejo por medio de la subcontratación posteriormente se dispondrá su manejo por medio de la subcontratación de una empresa especializada para su tratamiento y/o disposición final.

Por otro lado el agua de mar se recibe en un sistema de tratamiento con capacidad de 45,000 bpd, en este sistema se eliminan las sales disueltas, este sistema incluye una purga de concentrado que es enviada para su descarga al mar.

Estación de medición
La estación de medición Hokchi se construirá en un predio independiente de la planta Hokchi que estará ubicado aproximadamente 3.5 km de la planta

El objetivo principal de esta instalación será contener los equipos y personal requeridos para la medición fiscal del gas como del aceite producido por Hokchi. Esta instalación contará con:

- Unidad para medición de aceite, situada bajo techo
- Puente de medición de gas, situado bajo techo
- Sala de operadores
- Laboratorio para extracción de muestras de gas y aceites
- Sistemas auxiliares (desagües, drenajes, electricidad)
- Trampas receptoras de diablos
- Sistemas de electricidad de emergencia (generador diesel)

Esta estación de medición tendrá comunicación permanente mediante fibra óptica y radioenlace con la planta Hokchi.

Mantenimiento
Las instalaciones marinas y terrestres dentro del alcance de este proyecto contarán con un programa de mantenimiento, para las instalaciones marinas que incluyen tanto las instalaciones sobre el nivel del mar como las submarinas. Este programa será elaborado anualmente.

El programa de mantenimiento integrará las recomendaciones proporcionadas por los mismos proveedores de los sistemas y equipos que conforman las instalaciones. Así como en la verificación del estado físico de las instalaciones que se realizan mediante inspecciones de riesgo, auditorias de seguridad, calibración de espesores y pruebas no destructivas.

Desmantelamiento y abandono de las instalaciones.

Las instalaciones dentro del alcance de este proyecto serán diseñadas y construidas para un tiempo de vida útil de 25 años, sin embargo pudiendo ser que por razones de estrategia productiva, económica o alguna otra se decida detener los procesos productivos antes de alcanzar el tiempo de vida útil.

Cuando por alguna razón, ya sea al término de su vida útil o alguna otra, se tome la decisión de sacar de operación las instalaciones y su posterior desmantelamiento, se deberá primeramente desarrollar un programa específico para la ejecución de las actividades.

La recuperación y disposición de la infraestructura marina perteneciente a Hokchi, requiere el realizar estos trabajos en cumpliendo estrictamente con las medidas que en materia de seguridad y de protección ambiental que rigen en territorio mexicano, así como su integración a la normatividad internacional existente. Siendo esta la premisa, es importante que los lineamientos tengan como sustento el marco normativo establecido al respecto, por las instituciones y/o dependencias gubernamentales involucradas en el ámbito de su competencia.

RESIDUOS

El siguiente Cuadro se presenta un resumen de los residuos que serán generados por el proyecto, en donde se indica el nombre del residuo sólido o líquido, incluyendo aguas residuales y emisiones a la atmósfera, además en los casos que fue posible un estimado del volumen o cantidad por unidad de tiempo se indica, su estado físico, la fuente de generación, su destino o uso final y sus características CRETIB.

Cuadro R 4 Residuos, emisiones y descargas generados por el proyecto.

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
PREPARACIÓN DEL SITIO (INSTALACIONES MARINAS)														
Gases de combustión	Embarcaciones (baños y cocinas)	Si	No	No	No	No							Nominal	Atmósfera
Agua residual	Embarcaciones (baños y cocinas)	No	Sí	No	No	No							Nominal	Con tratamiento en la embarcación descarga al mar o descarga en tierra para su tratamiento
Residuos domésticos	Embarcaciones	No	No	Si	No	No							Nominal	Disposición en tierra de acuerdo a normatividad
CONSTRUCCIÓN (INSTALACIONES MARINAS)														
Gases de combustión	Embarcaciones	Si	No	No	No	No							Nominal	Atmósfera
Agua residual	Embarcaciones (baños y cocinas)	No	Sí	No	No	No							Nominal	Con tratamiento en la embarcación descarga al mar o descarga en

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
														tierra para su tratamiento
Residuos domésticos	Embarcaciones	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Disposición en tierra de acuerdo a normatividad
Recortes de perforación (impregnados con fluido base agua)	Perforación de pozos	No	No	No	Si	No				No			24,399 ton (considerando 2,706 ton por pozo aprox)	Recuperados en el equipo de control de sólidos y descargados en mar abierto abajo del nivel del agua
Recortes de perforación (impregnados con fluido base aceite)	Perforación de pozos	No	No	No	Si	Sí				Si			2,700 m^3 (considerando 300 m^3 por pozo aprox)	Disposición en tierra para tratamiento y disposición de acuerdo a normatividad
Sobrantes (metales, madera cartón y plástico)	Montaje electromécanico	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Disposición en tierra para reciclar o disposición final de acuerdo a normatividad
Residuos y envases impregnados de aceites o pinturas y sobrantes de soldadura	Montaje electromécanico	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento o disposición final de acuerdo a normatividad
Aceites gastados	Montaje electromécanico	No	No	No	Si	Sí				Si			Nominal	Disposición en tierra para tratamiento
OPERACIÓN (INSTALACIONES MARINAS)														
Agua residual (pluvial)	Drenaje abierto de plataformas	No	Sí	No	No	No							No cuantificable	Tratamiento en plataforma para la descarga al mar

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
Agua residual (contaminada)	Drenaje cerrado de plataformas	No	Sí	No	No	No							No cuantificable	Tratamiento en plataforma para la descarga al mar de acuerdo a normatividad
MANTENIMIENTO (INSTALACIONES MARINAS)														
Lodos de corridas de diablos	Mantenimiento de ductos	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento o disposición final
Materiales de empaque o ensamble (metales, madera cartón y plástico)	Mantenimiento de plataformas y ductos	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Disposición en tierra para reciclar o disposición final de acuerdo a normatividad
Materiales impregnados con aceites, grasas, pinturas o solventes.	Mantenimiento de plataformas y ductos	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento y disposición final
Ropa de trabajo y equipo de protección personal contaminado	Mantenimiento de plataformas y ductos	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento y disposición final
Contenedores vacíos que contuvieron sustancias peligrosas (grasa, pintura, solvente, etc.)	Mantenimiento de plataformas y ductos	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento y disposición final
PREPARACIÓN DEL SITIO (INSTALACIONES TERRESTRES)														
Residuos vegetales	Desmonte, despalme y deshierbe	No	No	No	No	No	--	--	--	--	--	--	16,380 m^3 (considerando palmera de coco de 0.25m Ø por	Se triturará y se depositará en el lugar que indique la autoridad municipal

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
													20m altura + un m3 de ramas y 150 especímenes por ha y 18.2 ha)	
Gases de combustión de vehículos de transporte y maquinaria	Transporte de materiales y maquinaria	Si	No	No	No	No							Nominal	Atmósfera
Partículas de polvo	Preparación del sitio	Si	No	No	No	No	--	--	--	--	--	--	No cuantificable	Atmósfera
Residuos sanitarios	Sanitarios portátiles	No	Si	No	No	No	--	--	--	--	--	--	300 l/d (Considerando un sanitario para 300 usos o 75 personas por turno de 8 horas	Manejado por contratista autorizado de acuerdo a normatividad
Residuos domésticos	Trabajadores	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Manejado por contratista autorizado de acuerdo a normatividad
CONSTRUCCIÓN (INSTALACIONES TERRESTRES)														
Gases de combustión	De maquinaria de construcción y transporte de materiales	Si	No	No	No	No							Nominal	Atmósfera
Residuos sanitarios	Sanitarios portátiles	No	Si	No	No	No	--	--	--	--	--	--	300 l/d (Considerando un sanitario para 300 usos o 75 personas por turno de 8 horas	Manejado por contratista autorizado de acuerdo a normatividad

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
Residuos domésticos	Trabajadores	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Manejado por contratista autorizado de acuerdo a normatividad
Materiales (metales, madera cartón y plástico)	Materiales de empaque y remanentes	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Se separan para reciclar o disposición final de acuerdo a normatividad
Contenedores vacíos que contuvieron sustancias peligrosas (grasa, pintura, solvente, etc.)	Construcción de Planta, ductos y Estación de Medición	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento y disposición final
OPERACIÓN (INSTALACIONES TERRESTRES)														
Gases de combustión del sistema de generación de energía eléctrica	Sistema de generación de energía eléctrica	Si	No	No	No	No							3.25 MMPCD (millones de estándar pies cúbicos diarios)	Atmósfera
Gases de combustión	Quemador de emergencia	Si	No	No	No	No							Nominal (Solo en caso de presentarse una emergencia)	Atmósfera
Agua congénita	Separación de crudo (crudo-gas-agua)	No	Si	No	No	No							Solo en el periodo que no se requiere agua de inyección a pozos (en el inicio de operación)	Se manejará con una empresa especializada para su tratamiento y/o disposición final
Agua residual (drenaje sanitario)	Drenaje sanitario de Planta Hokchi	No	Si	No	No	No							No cuantificable	Tratamiento en Planta Hokchi

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
Sistema de drenaje cerrado (aceitoso)	Drenaje cerrado	No	Si	No	No	No							Nominal	Tratamiento en Planta Hokchi
MANTENIMIENTO (INSTALACIONES TERRESTRES)														
Gases de combustión	Quemador de emergencia	Si	No	No	No	No							Nominal (Solo en caso de presentarse una emergencia)	Atmósfera
Lodos de corridas de diablos	Mantenimiento de ductos	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Tratamiento o disposición final por contratista autorizado
Lodos de drenaje sanitario	Planta de tratamiento de drenaje sanitario	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Tratamiento o disposición final por contratista autorizado
Materiales (papel, cartón, vidrio, madera, metal, plástico, unicel, etc.)	Materiales de empaque o embalaje	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Se separan para reciclar o disposición final de acuerdo a normatividad
Materiales contaminados (algodón y contenedores vacíos que contuvieron grasa, pintura, solvente, combustible, etc.)	Mantenimiento de Planta, Ductos y Estación de Medición	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	A tratamiento y disposición final por contratista autorizado
Ropa de trabajo contaminada (guantes y ropa de algodón)	Mantenimiento de Planta, Ductos y Estación de Medición	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	A tratamiento y disposición final por contratista autorizado

VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

Los planes de ordenamiento ecológico del territorio aplicables al área de proyecto son:

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMyMC)
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (POEET)

Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
Este ordenamiento está dividido en 145 unidades denominadas unidades ambientales biofísicas (UAB), así que, las regiones ecológicas se integran por un conjunto de UAB que comparten la misma prioridad de atención, de aptitud sectorial y de política ambiental. Con base en lo anterior, a cada UAB le fueron asignados lineamientos y estrategias ecológicas específicas.

Las instalaciones terrestres del proyecto está ubicado en la UAB 76 “Llanuras fluviodeltáicas de Tabasco” que se encuentra dentro de la región ecológica 5.32, como se muestra a continuación:

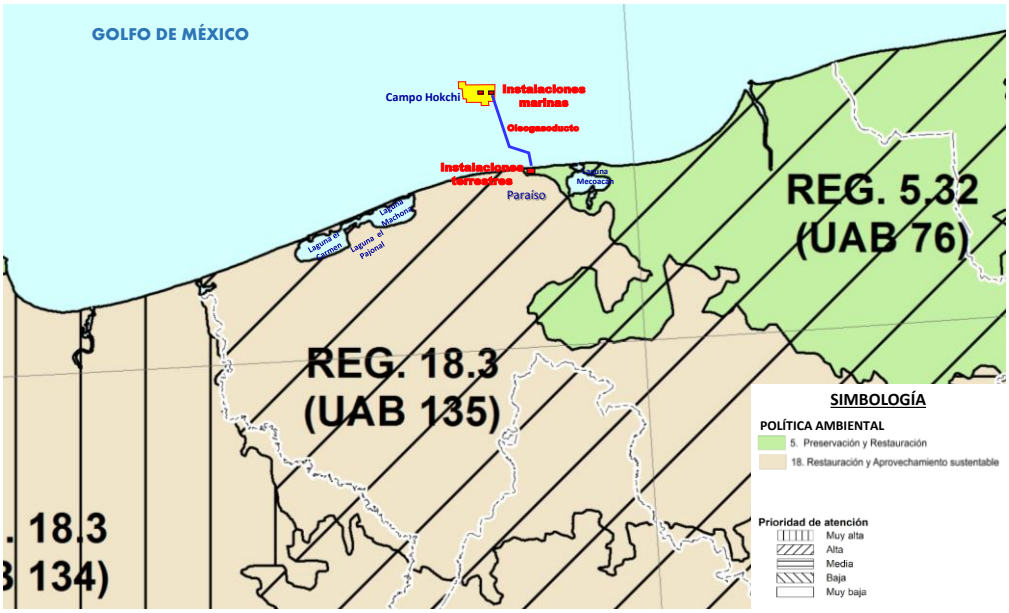


Figura R. 8 Ubicación del proyecto en el Ordenamiento Ecológico General del Territorio

A la UAB 76 le corresponden 23 estrategias sectoriales, de estas 23 solo dos le aplican al proyecto para las cuales Hokchi Energy incluye dentro del proyecto el cumplimiento de dichas estrategias sectoriales.

Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMyMC)

La parte marina del proyecto se localiza dentro de la UGA 166 denominada Zona Marina de Competencia Federal y la parte terrestre en la UGA 70 llamada Cunduacan, en la siguiente Figura se presenta la ubicación de las instalaciones del proyecto con respecto al POEMRGMyMC.

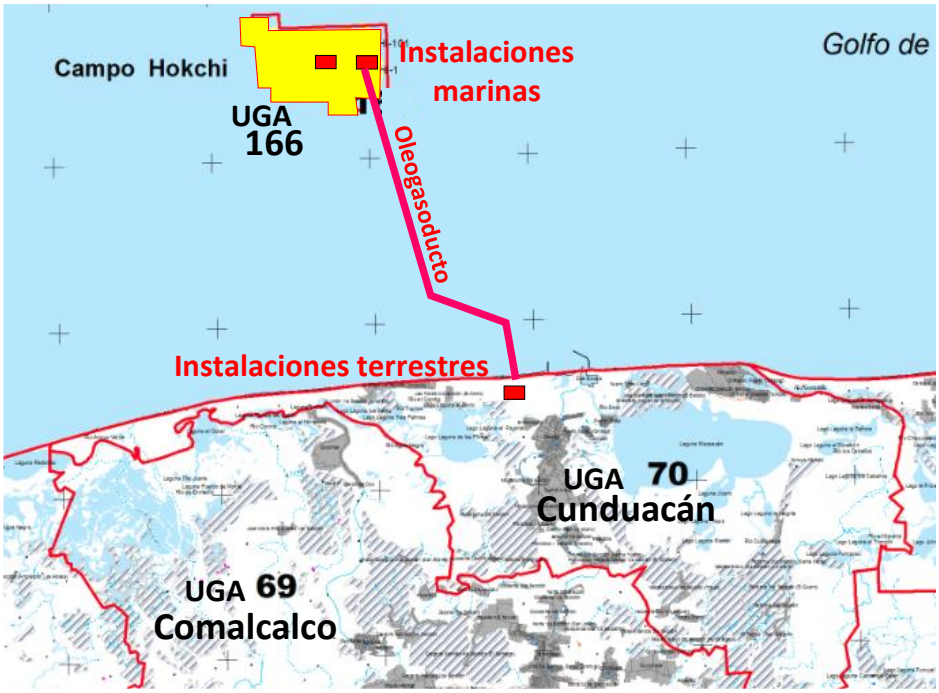


Figura R. 9 Ubicación del proyecto en el POEMRGMyMC

Este ordenamiento establece 65 Acciones Generales aplicables a todas las UGAs (203) incluidas en el ordenamiento, una vez analizadas las 65 Acciones Generales, se identificaron solo 6 (seis) aplicables al proyecto (instalaciones marinas y terrestres), las restantes 59 Acciones Generales no son aplicables al proyecto debido a que se refieren a actividades no relacionadas con actividades petroleras, tales como pesqueras, turísticas, agropecuarias, de conservación, de infraestructura y asentamientos humanos. Con respecto a las 6 acciones generales aplicables al proyecto, Hokchi Energy incluye dentro del proyecto el cumplimiento de dichas acciones.

El análisis de las Acciones Específicas aplicables a las UGAs donde se ubica el proyecto dio como resultado que para la UGA 70 en donde se ubican las instalaciones terrestres del proyecto le aplican 12 Acciones de las 68 que indica el ordenamiento que le pueden aplicar, las restantes 56 Acciones Específicas no le son aplicables al proyecto debido a que se refieren a actividades no relacionadas con las obras o actividades del proyecto, tales como actividades pesqueras, turísticas, agropecuarias, de conservación, infraestructura y asentamientos humanos. Para las 11 acciones aplicables Hokchi Energy incluye dentro del proyecto el cumplimiento de estas Acciones.

Por otro lado el análisis de las Acciones Específicas aplicables a las UGAs donde se ubica el proyecto dio como resultado que para la UGA 166 en donde se ubican las instalaciones Marinas del proyecto le aplican 5 (cinco) Acciones de las 18 que indica el ordenamiento que le pueden aplicar, las restantes 13 Acciones Específicas no le son aplicables al proyecto. Para las 11 acciones aplicables Hokchi Energy incluye dentro del proyecto el cumplimiento de estas Acciones.

Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (POEET)
El proyecto se encuentra dentro de la UGA: PAR-4PC. Los Criterios Generales aplicables al proyecto son 7 (siete) y corresponden a los correspondientes a la estrategia de seguimiento ambiental a las actividades de la industria petrolera, para los cuales Hokchi Energy ya los tiene considerados dentro del alcance del proyecto.

Con respecto a los Criterios Específicos aplicables al proyecto éstos están divididos en:

- Criterios Específicos de Regulación Ecológica para aplicarse a las UGA´s de acuerdo a las Actividades Productivas
- Criterios Ecológicos Específicos para el establecimiento de infraestructura y asentamientos humanos que deben aplicarse a las UGA´s de acuerdo a su Política Ambiental

Los Criterios Específicos aplicables al proyecto de acuerdo a su actividad productiva están divididos en: acuícola, agrícola, forestal, pecuario y PEMEX. Para el caso de este proyecto cuyo giro es la industria de los hidrocarburos le corresponden los denominados PEMEX, por lo que solo le corresponden dos criterios específicos,que el proyecto ya tiene considerado.

Por otro lado los Criterios Específicos por política ambiental están clasificados en áreas naturales protegidas, prioritaria de conservación, conservación restauración, protección hidrológica y aprovechamiento sustentable.

Y para la UGA PAR-4PC, en la cual está ubicado el proyecto, le corresponden nueve criterios de regulación ecológica para infraestructura y tres para asentamientos humanos. De estos criterios ninguno aplica a las actividades del proyecto debido a que se refieren específicamente a actividades relacionadas con el manejo de flora, fauna, vías de comunicación, turismo y población.

Decretos de áreas protegidas y regiones prioritarias
El sitio del proyecto no se encuentra dentro de un área natural protegida decretada, las más cercanas se encuentran muy retiradas del sitio, el área natural protegida federal Pantanos de Centla se encuentra a 45 kilómetros al Este y la reserva ecológica estatal Río Playa se encuentra a 25 Km aproximadamente al Sureste del área del proyecto, debido a esto no se prevé alguna interacción del proyecto con estás áreas.

El análisis de la ubicación del proyecto con respecto a las regiones prioritarias nos indica que el proyecto se encuentra dentro de la Región Marina Prioritaria 53, para lo cual HOKCHI ENERGY, aplicará medidas de mitigación y acciones tendientes a la disminución de impactos, y de esa manera no contribuir a la problemática que presenta esta RMP.

SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

La caracterización de factores ambientales y sociales, fueron obtenidos de una investigación bibliográfica sobre los aspectos ambientales de las zonas marina y terrestre dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) seleccionado, asimismo con el objeto de contar con una base más sólida para el desarrollo de esta MIA, Hochi Energy realizó estudios ambientales específicos sobre la región, paro lo cual se llevó a cabo un crucero oceanográfico que cubrió las áreas donde se instalarán las plataformas marinas y el trazo de los ductos marinos incluidos en el proyecto, tomado las muestras pertinentes para la caracterización marina. Asimismo se seleccionaron sitios en tierra firme para hacer recorridos y toma de muestras para la caracterización de la zona terrestre.

Para la delimitación del SAR se consideró primeramente la ubicación y dimensiones del proyecto, incluyendo la distribución de las obras y actividades a llevarse a cabo tanto las principales, asociadas y provisionales, así como también los criterios de las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) de los Ordenamientos Ecológicos existentes y aplicables a la región; los sitios para la disposición de residuos, los factores sociales de las poblaciones que podrían ser influenciadas, rasgos geomorfológicos, edafológicos, hidrología superficial y subterránea, meteorología regional y tipos de vegetación entre otros; así como características, distribución, uniformidad y continuidad de las unidades ambientales, factores socioculturales y usos del suelo permitidos.

Por otro lado además se realizaron modelaciones con el programa de computación GNOME (General NOAA Operational Modeling Environment) que es un simulador de predicción de ruta o trayectorias que podrían seguir las manchas de petróleo derramado desde la zona de explotación marina hasta su arribo a la costa. Los resultados de la simulación nos indican que de no tomarse acciones rápidas y efectivas de respuesta ante este tipo de emergencias, las áreas que podrían ser afectadas serían desde las costas del municipio de Paraíso hasta las Lagunas la Machona, el Pajonal y el Carmen; así como posibles afectaciones a la flora y fauna marina y terrestre, y a las actividades recreativas y económicas que se desarrollan en la zona costera de los municipios de Cárdenas, Comalcalco y Paraíso.

Finalmente el Sistema Ambiental Regional (SAR) seleccionado está delimitado desde el área contractual del Campo Hokchi donde se ubicarán las instalaciones marinas hasta la zona costera en la desembocadura del Río Tonalá por el lado Suroeste y al Este de las futuras instalaciones terrestres de Hokchi la zona costera de los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Frontera. El SAR definido se muestra en la siguiente Figura.

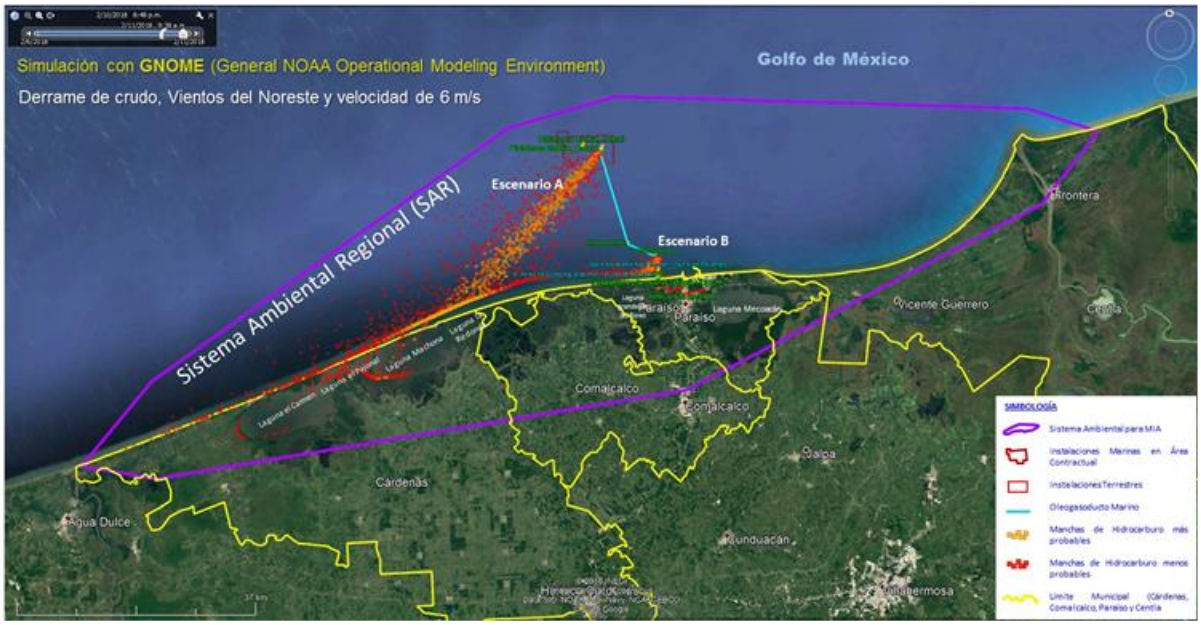


Figura R. 10 Sistema Ambiental Regional (SAR)

ASPECTOS ABIÓTICOS

En el SAR se presenta un clima *Am(f)* de acuerdo con clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta Garcia (1981), que corresponde a un clima cálido húmedo con lluvias todo el año donde la precipitación del mes más seco es menor de 60 mm. Con temperaturas medias anuales superiores a 18°C, la media anual oscila entre 24 y 28º C, siendo la temperatura media anual más alta de 27.4º C y la mínima de 26.2° C en los últimos cinco años.

El viento marítimo predominantemente proviene del Noreste y tiene como consecuencia la alta pluviosidad que se registra en la región, principalmente en la temporada de lluvias (junio a octubre).

Con respecto a los fenómenos climatológicos más característicos que se presentan en estas zonas son: vientos alisios con ondas del este (ondas tropicales) provenientes del Atlántico y ciclones tropicales en verano y otoño, nortes en invierno con temperaturas elevadas y uniformes cuya media oscila entre los 24° y 28° C; las cuales influencian fuertemente a estos fenómenos climatológicos.

El CENAPRED reporta que en el periodo de 1851 a 2014, en la zona de estudio desde la Laguna del Carmen hasta la desembocadura del río Grijalva, solo se han presentado depresiones tropicales, tormentas tropicales y solo un huracán de nivel 1 que entró por el municipio de Paraíso convirtiéndose en tormenta tropical antes de llegar al municipio de Comalcalco.

El suelo de la región pertenece a la era cenozoica, periodo cuaternario; su composición es de rocas sedimentarias, aluvial, lacustre, litoral y palustre. La mayoría de su superficie está clasificada como gleysoles, que son suelos generalmente de textura arcillosa o francas, presentando problemas de exceso de humedad por drenaje deficiente.

Al norte, limitando con el Golfo de México, se tienen suelos arenosos con bordos de playa clasificados como rogosoles; alrededor de las principales lagunas y cerca de la costa se tienen suelos clasificados como solonchak, que son suelos salinos, debiéndose esta característica a la cercanía con el litoral del Golfo.

Los suelos presentan una topografía plana sin grandes elevaciones; su altitud media es de 10 msnm, la humedad es constante durante la mayor parte del año derivado de la cercanía de los mantos freáticos que va de los 0.5 a los 4 m de profundidad.

Los suelos son propicios para la agricultura de plantaciones como el coco, cacao, mango, pimientas y cítricos, aunque también hay zonas propicias para básicos y hortalizas, así como para la ganadería mayor.

La región cuenta con una importante zona lacustre, destacando la laguna de Mecoacán, la cual se erige como una de las primeras productoras nacionales de ostión. Se hallan también otras de menor importancia, como las lagunas de Tupilco, Puente de Ostión, La Encerrada o Amatillo, Tres Palmas, El Estero, El Zorro, Arrastradero, Las Flores, Lagartera, Tilapa, Manatí y El Eslabón.

Su red hidrográfica está formada por dos sistemas, el oriental y el occidental, ambos conectados por un canal, llamado del Jobo. El sistema oriental lleva sus aguas al río González, que limita a Paraíso con Centla por más de 8 km, forma la laguna del Estero y desemboca al Golfo de México por la barra de Chiltepec, comprende las albuferas de Mecoacán y El Estero. El sistema occidental está formado por las lagunas de Tupilco, del Arrastradero, Las Flores, Tres Palmas y Puente de Ostión y desemboca al mar a través del río Tupilquillo por la barra de Tupilco.

ASPECTOS BIÓTICOS

El SAR en la parte marina presenta efectos ecológicos por las operaciones de exploración y extracción de hidrocarburos fósiles causando dos niveles de efectos.

El primer nivel es de mayor severidad en el ecosistema costero debido a la reducción o permanente remoción de alguno de sus componentes básicos, tales como las comunidades de plantas vasculares acuáticas. El segundo nivel es la presencia de alteraciones del substrato causadas por las operaciones de dragado, apertura de canales, instalaciones de oleoductos y plataformas en el ambiente costero y marino, generan alteraciones en flora y fauna de diferente complejidad. En contraste, en el ambiente marino, las alteraciones potenciales derivadas de la industria petrolera son atenuadas por la capacidad de amortiguamiento del sistema mismo.

En el ambiente marino se reconocen fluctuaciones naturales en cada uno de sus componentes ecológicos; tales fluctuaciones son compensadas mediante mecanismos internos de tipo homeostático los cuales contribuyen a mantener un equilibrio en el ciclo de la de materia y energía. El estudio preliminar del flujo de carbono orgánico en el área de aguas someras del sur del Golfo de México, muestra un sistema altamente subsidiado por las aportaciones de materiales orgánicos de origen continental, cuyo destino final es el componente sedimentario de la plataforma continental y el mar profundo adyacente.

El sistema ambiental (SAR) del proyecto en la parte terrestre se encuentra ocupado por cuatro tipos principales de vegetación y/o uso de suelo: manglar, tular, agricultura y pastizal cultivado; así como pequeñas áreas desprovistas de vegetación.

En los recorridos de campo por la zona de estudio se pudo percibir que existe vegetación asociada con especies de rápido crecimiento que son característicos de tipo acahual y especies de árboles frutales como la pimienta (Pimienta dioica) que es aprovechada de igual manera por los habitantes de la zona.

Por otro lado, se encontró que el tipo de vegetación y/o uso de suelo en el área donde se ubicará el predio (Planta Hokchi) se encuentra representado por vegetación secundaria, pastizal y palmar (cultivo de coco de la especie nusífera); así como el área donde se instalará la caseta de medición donde predomina el pastizal cultivado seguido por coco nusífera como se observan en las figuras de los apartados anteriores.

La vegetación de manglar como especie dominante, solo se registró y se observó en los alrededores de la Laguna Grande de Las Flores y la zona más próxima a estas comunidades vegetales, está ubicada por el lado sur fuera de los límites del predio a más de 100 metros con carretera de por medio y a más de 600 metros de donde se ubicarán las instalaciones que manejarán hidrocarburos.

Cabe mencionar que en el predio en donde se va a instalar la Planta Hochi (fracción A y fracción B) se identificaron 7 ejemplares de ***Roystonea regia***, cuyo nombre común es Palma Real y que se encuentra incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con categoría Pr (que podrían llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS

Para este proyecto se tomó como base el procedimiento de Gestión Ambiental (HOK-ENV-PG-001), el cual establece la metodología para identificar los aspectos ambientales de las actividades, identificar y evaluar los impactos ambientales asociados, y determinar los aspectos ambientales significativos.

Como primera etapa de la identificación de impactos ambientales, se conformó un equipo de evaluación multidisciplinario conformado por expertos donde se pusieron de manifiesto las características de los recursos naturales y su potencial afectación de acuerdo a las características del proyecto. El equipo de evaluación realizó en esta etapa una lista de verificación donde se indicaron posibles impactos, o acciones, factores ambientales, etc. a la vista de ella se identificaron cuáles de esos impactos son mínimos o efectos notables.

En la segunda etapa se procedió a la identificación de los impactos, para ello se consideró el desarrollo de una matriz de interacción, basada en la matriz de Leopold, que está en función de las actividades del proyecto (potencialmente propiciadoras de impactos al ambiente) y de factores ambientales (que pueden recibir el efecto de los impactos de los componentes del proyecto), identificados en los capítulos II y IV de la presente manifestación. Así, en esta etapa se llegó a un nivel prospectivo que inició a partir del conocimiento de la estructura y del funcionamiento del sistema ambiental para concluir con la determinación de las interacciones (impactos) entre las actividades del proyecto y los factores del ambiente.

Posteriormente se llevó a cabo la etapa de evaluación o valoración de los impactos, la valoración realizada integra un trabajo cuantitativo que determina el valor de cada impacto. La metodología concluye en esta fase con la determinación del nivel global de impacto para cada uno de los

impactos, al que se le aplica la frecuencia en la que se presentará el impacto a fin de establecer la lista de impactos significativos.

Los resultados de la aplicación de la metodología para la obtención de la significancia de los impactos ambientales identificados indican que 25 impactos ambientales tienen significancia inicial.

Finalmente se analizaron los impactos ambientales que resultaron con significancia inicial para los cuales se definieron medidas de mitigación o barreras cuyo objeto sería el de eliminar o disminuir estos impactos ambientales, la aplicación del análisis considerando las medidas de mitigación nos dio como resultado siete impactos ambientales con significancia residual, los que se describen a continuación.

Contaminación del suelo por la generación de residuos domésticos durante las etapas de preparación del sitio y construcción de las instalaciones de la Planta Hokchi y de los derechos de vía en donde se ubicarán los ductos terrestres, estos residuos serán manejados por un contratista, cabe mencionar que en el municipio de Paraíso no existe relleno sanitario.

Eliminación de vegetación por el desmonte y despalme de las áreas para la ubicación de las instalaciones en el área de la Planta Hokchi Paraíso.

Contaminación atmosférica local por la generación de gases de combustión y GEI por el consumo de combustible de las embarcaciones principalmente durante la etapa de construcción de las instalaciones marinas y de la generación de la energía eléctrica requerida en la etapa de operación de las instalaciones terrestres.

Generación de recortes de perforación durante la perforación de los pozos marinos. Los recortes de perforación impregnados con lodos de perforación base agua serán recuperados en el equipo de control de sólidos de la plataforma de perforación y descargados en mar abierto abajo del nivel del agua. Se estima depositar 24,399 ton (considerando 2,706 ton por pozo aproximadamente). Para los impregnados de lodos base aceite se usarán presas o contenedores metálicos para su almacenamiento y transporte a tierra por una empresa autorizada.

Derrame o fuga de hidrocarburo (descontrol de pozo, fuga o ruptura de ductos de marinos) lo que podría generar contaminación al mar, plancton, fauna marina, infraestructura, personal, actividades costeras (pesca, turísticas, cultivos acuícolas entre otras), vegetación costera de áreas sensibles (Laguna del Carmen, el Pajonal, la Machona). Se contará con una contratista para apoyo especializado en combate de derrames de hidrocarburos en el mar

MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Las medidas de mitigación establecidas para este proyecto a fin de evitar, disminuir y mitigar todos sus probables impactos al ambiente, la mayoría son medidas que se utilizan de manera cotidiana en la industria del petróleo, a continuación se describen las más importantes.

Para la etapa de preparación del sitio en donde será instalada la Planta Hokchi, dos predios terrestres (fracción A y fracción B), el proyecto contará con un programa para el rescate y reubicación de flora y fauna silvestre presente en el sitio del proyecto o de ser requerido un plan reforestación, con atención especial en las especies que se encuentran en alguna categoría de protección.

Los residuos no peligrosos y peligrosos generados en todas las etapas del proyecto se integrarán a un Plan de Manejo de residuos para su manejo por un contratista especializado y de ser necesario autorizado.

Todas las actividades de este proyecto y en todas sus etapas desde la preparación del sitio hasta el abandono se integrarán al Sistema de Administración de Riesgos de SSA de Hokchi Energy, cuyo objetivo es realizar una adecuada gestión de los aspectos de seguridad industrial, seguridad operativa, salud ocupacional y protección ambiental, el cual incluye diagnóstico, planeación, evaluación, control y mejora continua del desempeño de las medidas pertinentes para evitar impactos al ambiente.

En el caso de un derrame o fuga de hidrocarburo (descontrol de pozo, fuga o ruptura de ductos marinos) lo que podría generar contaminación al mar, plancton, fauna marina, infraestructura, personal, actividades costeras (pesca, turísticas, cultivos acuícolas entre otras), vegetación costera de áreas sensibles (Laguna del Carmen, el Pajonal, la Machona), las instalaciones contarán con las medidas y equipos de seguridad recomendadas para una operación segura y adicionalmente se contará con un contratista para apoyo especializado en combate de derrames de hidrocarburos en el mar.

CONCLUSIONES

Después de analizar la ingeniería del proyecto, así como las características de la región en donde se instalará el proyecto y considerando:

Que durante la Licitación 2 de la Ronda 1, en el año 2015, la empresa resultó adjudicada por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) para la Extracción de Hidrocarburos en Aguas Someras en el campo Hokchi, firmando el Contrato CNH-R01-L02-A2/2015 para la Extracción de Hidrocarburos bajo la modalidad de Producción Compartida.

El área del Contrato se ubica en aguas territoriales del Golfo de México, a aproximadamente 30 km al noroeste del puerto Dos Bocas, ciudad de Paraíso, en el estado de Tabasco, bajo un tirante promedio de agua de 30 m.

Que la empresa cuenta con las autorizaciones requeridas por parte de la CNH (Plan de Evaluación y Ejecución del Plan de Desarrollo), asimismo contó oportunamente con la autorización en materia de impacto ambiental para las actividades a realizarse durante la ejecución del Plan de Evaluación, mediante el ingreso a la ASEA de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular para el Plan de Ejecución.

Que este proyecto consiste en que la producción captada en dos plataformas marinas sea entregada sin tratar en instalaciones terrestres propias de Hokchi, dónde se procesa para obtener la especificación comercial tanto del crudo como del gas asociado y que finalmente esta producción es transferida a ductos comerciales existentes de terceros.

Que para la selección de la ubicación de las instalaciones fuera del Área Hokchi incluidas en el proyecto tanto marinas como las terrestres, siempre se consideraron criterios ambientales.

Para el trazo de los ductos marinos se seleccionó la ruta más corta entre las plataformas y la Planta Hokchi en tierra. Para el caso de las instalaciones terrestres serán ubicadas en predios dedicados actualmente a la agricultura (plantación de coco) y pastoreo. Así como para los ductos terrestres se considera el aprovechamiento de derechos de vía existentes y en operación.

Que el proyecto considera para todas sus instalaciones las mejores tecnologías disponibles actualmente para este tipo de operaciones y el diseño de las instalaciones ha considerado la protección de las propias instalaciones contra fenómenos meteorológicos y naturales adversos con el fin de salvaguardar sus instalaciones, población y el medio ambiente.

Que se han establecido medidas de prevención y mitigación que conformarán el Programa de Vigilancia Ambiental y que tiene como objetivo el garantizar la menor afectación posible del entorno del proyecto.

Que con el objeto de realizar una adecuada gestión de los aspectos de seguridad industrial, seguridad operativa, salud ocupacional y protección ambiental, Hokchi Energy tiene establecido su Sistema de Administración de Riesgos de SSA.

Que en el caso de que ocurriera una contingencia con posibilidad de un derrame accidental con impactos significativos severos al ambiente, Hokchi Energy cuenta con medidas mitigación propias y con una empresa especializada contratada para la contención y recuperación de los hidrocarburos.

Que los resultados de los análisis ambientales desarrollados nos indican que el proyecto por sus características tendrá una insignificante interacción con los elementos ambientales de la región.

Debido a lo anterior se concluye que el proyecto denominado: **“Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Regional para la Etapa de Desarrollo del Área Contractual 2 (Hokchi)”** es compatible ambientalmente con la región en donde será ubicado.

CONTENIDO

Descripción	Página
I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.	2
I.1 Datos generales del proyecto	2
I.1.1 Nombre del proyecto	2
I.1.2 Ubicación del proyecto	2
I.1.3 Duración del proyecto	3
I.2 Datos generales del promovente	3
I.2.1 Nombre o razón social	3
I.2.2 Registro federal de contribuyentes del promovente	3
I.2.3 Nombre y cargo del representante legal	3
I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones:	3
1.2.5 Nombre del responsable técnico del estudio	4

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

I.1 Datos generales del proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

Manifiesto de Impacto Ambiental modalidad Regional para la Etapa de Desarrollo del Área Contractual 2 (Hokchi).

I.1.2 Ubicación del proyecto

Este proyecto incluye tanto instalaciones marinas como terrestres cuya ubicación se indica a continuación:

Las instalaciones marinas del proyecto se ubicarán en aguas del Golfo de México a una distancia aproximada de 27 km al noroeste de la ciudad de Paraíso y el puerto de Dos Bocas, en la costa de Tabasco.

Las instalaciones terrestres se ubicarán cercanas a la costa y al puerto de Dos Bocas sobre la carretera vecinal La Unión – Paraíso, CP: 86600, en la localidad: Ranchería Las Flores 2ª sección en el municipio de Paraíso del estado de Tabasco.

En el Anexo 3 (Documentos del Proyecto), se incluyen croquis, tamaño doble carta, donde se señalan las características principales de la ubicación de las instalaciones del proyecto tanto las marinas como las terrestres.

Riesgos de la zona de ubicación del proyecto

Cabe mencionar que el diseño de las instalaciones dentro del alcance de este proyecto ha considerado la protección de las propias instalaciones contra fenómenos meteorológicos y naturales adversos con el fin de salvaguardar sus instalaciones, población y el medio ambiente. Asimismo y considerando que el sitio del proyecto se encuentra con riesgo de inundación, el diseño de los sistemas de drenajes de las instalaciones lo ha considerado.

Con respecto al riesgo de la zona en donde se ubicará el proyecto, los indicadores municipales de peligro, exposición y vulnerabilidad del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), reportados para la zona en donde se ubicará el proyecto, indican para inundaciones y por sustancias inflamables riesgo muy alto; para susceptibilidad de laderas riesgo alto; riesgo medio por sequias, tormentas eléctricas, ondas cálidas y sismo; riesgo bajo para ciclones tropicales; y finalmente muy bajo para bajas temperaturas nevadas y granizo, para esto utiliza la escala: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Estos indicadores fueron desarrollados para que puedan incorporarse a los programas de desarrollo urbano, y reordenamiento territorial, permitiendo que el riesgo disminuya y se salvaguarde la vida de la población.

Por otro lado el Atlas de Peligro por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco (Servicio Geológico Mexicano y Secretaría de Comunicaciones, Asentamientos y Obras Públicas, 2013) indica para la planicie costera del estado presenta peligros por inundación fluvial, inundación marina y erosión de grado bajo hasta muy alto, desde Sánchez Magallanes hasta Frontera, es decir, casi toda la zona costera de Tabasco, debido a los diferentes fenómenos meteorológicos intensos y al oleaje. Asimismo indica que el área terrestre del proyecto le corresponde a un riesgo de inundación alto.

I.1.3 Duración del proyecto

Todas las instalaciones que se incluyen en este proyecto serán diseñadas para garantizar un tiempo mínimo de vida útil de **25 años**, asimismo el Contrato para la Extracción de Hidrocarburos bajo la modalidad de Producción Compartida entre la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) y Hokchi Energy S.A. de C.V. (Contrato No. CNH-R01-L02-A2/2015) también es por 25 años.

Cabe mencionar que el proyecto tiene posibilidades de obtener dos extensiones de 5 años cada una de acuerdo con el contrato con la CNH y que el proyecto será construido en una sola etapa.

I.2 Datos generales del promovente

I.2.1 Nombre o razón social

Hokchi Energy S.A. de C.V.

En el Anexo 1 (Documentación legal), se incluye:

- Acta constitutiva de la empresa
- Acta de Modificación a los Estatutos (más reciente)

I.2.2 Registro federal de contribuyentes del promovente

HEN151106K49

En el Anexo 1 (Documentación legal), se presenta copia simple del RFC de la empresa.

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal

Justo Rufino Juárez Puyol
Apoderado legal del regulado

En el Anexo 1 (Documentación legal), se presenta copia simple del poder notarial del representante legal

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

Domicilio, teléfono y correo electrónico (Datos personales) Información protegida bajo los artículos 113 fracción I de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

1.2.5 Nombre del responsable técnico del estudio

Instituto Mexicano del Petróleo

RFC: IMP650823397

En el Anexo 1 (Documentación legal), se presenta copia simple del RFC de la empresa responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental.

Al final del último capítulo de la MIA se presentará la declaración, por parte de quien elaboró la MIA y el representante legal que promueve la obra, para dar cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental.

En el Anexo 1 (Documentación legal), se presenta la declaración solicitada.

CONTENIDO

Descripción	Página
II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO	**3**
II.1 Información general del proyecto, plan o programa	3
II.1.1 Naturaleza del proyecto, plan o programa.	3
II.1.2 Justificación.	5
II.1.3 Ubicación física y dimensiones del proyecto	6
II.1.4 Inversión requerida	18
II.2 Características particulares del proyecto, plan o programa	18
II.2.1 Programa de trabajo	18
II.2.2 Representación gráfica regional	20
II.2.3 Representación gráfica local	20
II.2.4 Preparación del sitio y construcción.	21
II.2.5 Operación y mantenimiento.	36
II.2.6 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones.	50
II.2.7 Residuos.	53
II.2.8 Generación de gases efecto invernadero	72
II.2.8.1 Identificar por etapa si el proyecto:	73
II.2.8.2 Generará gases efecto invernadero, como es el caso de H_20, $C0_2$, CH_4, N_20, CFC, O_3, entre otros.	73
II.2.8.3 Estimar la cantidad de energía que será disipada por el desarrollo del proyecto.	74

FIGURAS

Descripción	Página
Figura II 1 Ubicación geográfica del área Hokchi.	3
Figura II 2 Polígonos de ubicación geográfica del área Hokchi.	6
Figura II 3 Ubicación de las instalaciones marinas incluidas en el proyecto	8
Figura II 4 Predios de ubicación de Planta Hokchi Paraíso (Fracción A y Fracción B)	13
Figura II 5 Ubicación de las instalaciones terrestres incluidas en el proyecto	14
Figura II 6 Sistema Ambiental Regional en donde se ubica el proyecto	20
Figura II 7 Representación gráfica local de la ubicación del proyecto	20
Figura II 8 Ubicación de los pozos a perforar	27
Figura II 9 Elevaciones y puntos de referencia para la perforación de los pozos	29
Figura II 10 Cruce “descenso reducido” de ductos marinos	32
Figura II 11 Perforación horizontal direccional para Arribo Costero de ductos marinos	33
Figura II 12 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de preparación del sitio (instalaciones marinas)	54
Figura II 13 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de construcción (instalaciones marinas)	56

Figura II 14 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de operación y mantenimiento (instalaciones marinas) 58
Figura II 15 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de preparación del sitio (instalaciones terrestres) 60
Figura II 16 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de construcción (instalaciones terrestres) 61
Figura II 17 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de operación (instalaciones terrestres) 63
Figura II 18 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de mantenimiento (instalaciones terrestres) 64

CUADROS

Descripción	Página
Cuadro II 1 Coordenadas del Área Contractual Hokchi	7
Cuadro II 2 Coordenadas de las plataformas marinas	7
Cuadro II 3 Coordenadas de los Puntos de Inflexión del Trazo de los Ductos Marinos	8
Cuadro II 4 Coordenadas de los Puntos del Arribo Costero de Ductos Marinos	11
Cuadro II 5 Coordenadas de Toma de Agua de Mar	11
Cuadro II 6 Coordenadas del trazo de ductos de interconexión de plataformas	12
Cuadro II 7 Coordenadas del Complejo Hokchi Planta Paraíso	13
Cuadro II 8 Coordenadas de la Estación de Medición	15
Cuadro II 9 Coordenadas de los Ductos Terrestres desde la Planta Hokchi, Paraíso hasta la Estación de Medición (primer tramo)	16
Cuadro II 10 Coordenadas de los Ductos Terrestres a la Estación de Medición	16
Cuadro II 11 Costos de medidas de prevención y mitigación y recuperación ambiental	18
Cuadro II 12 Pozos a ser perforados	25
Cuadro II 13 Características de los ductos marinos incluidos en el proyecto	30
Cuadro II 14 Pronóstico de producción	36
Cuadro II 15 Equipos principales y auxiliares de las instalaciones marinas	41
Cuadro II 16 Equipos principales y auxiliares de las instalaciones terrestres	44
Cuadro II 17 Equipos considerados como parte integral de los servicios auxiliares	48
Cuadro II 18 Actividades de desmantelamiento	52
Cuadro II 19 Residuos generados en Preparación del Sitio (instalaciones marinas)	54
Cuadro II 20 Residuos generados en la etapa de construcción (instalaciones marinas)	56
Cuadro II 21 Residuos de la etapa de operación y mantenimiento (instalaciones marinas)	58
Cuadro II 22 Residuos generados en la Preparación del Sitio (instalaciones terrestres)	61
Cuadro II 23 Residuos generados en la construcción (instalaciones terrestres)	62
Cuadro II 24 Residuos generados en la operación (instalaciones terrestres)	64
Cuadro II 25 Residuos generados en el Mantenimiento (instalaciones terrestres)	65
Cuadro II 26 Residuos, emisiones y descargas generados por el proyecto	66
Cuadro II 27 Generación de CO2 (Gg) estimado en la producción del campo Hokchi	74
Cuadro II 28 Factores de emisión por el uso de maquinaria a diesel	75

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

II.1 Información general del proyecto, plan o programa

II.1.1 Naturaleza del proyecto, plan o programa.

Antecedentes

Durante la Licitación 2 de la Ronda 1, en el año 2015, la empresa en consorcio con EyP Hidrocarburos y Servicios S.A. de C.V., resultó adjudicada en una de las áreas ofrecidas. Posteriormente, el 7 de enero de 2016 se firmó el Contrato CNH-R01-L02-A2/2015 para la Extracción de Hidrocarburos bajo la modalidad de Producción Compartida entre la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) y Hokchi Energy.

El área del Contrato se ubica en aguas territoriales del Golfo de México, a aproximadamente 27 km al noroeste (NO) del puerto Dos Bocas, ciudad de Paraíso, en el estado de Tabasco, bajo un tirante promedio de agua de 30 m (Figura II.1).

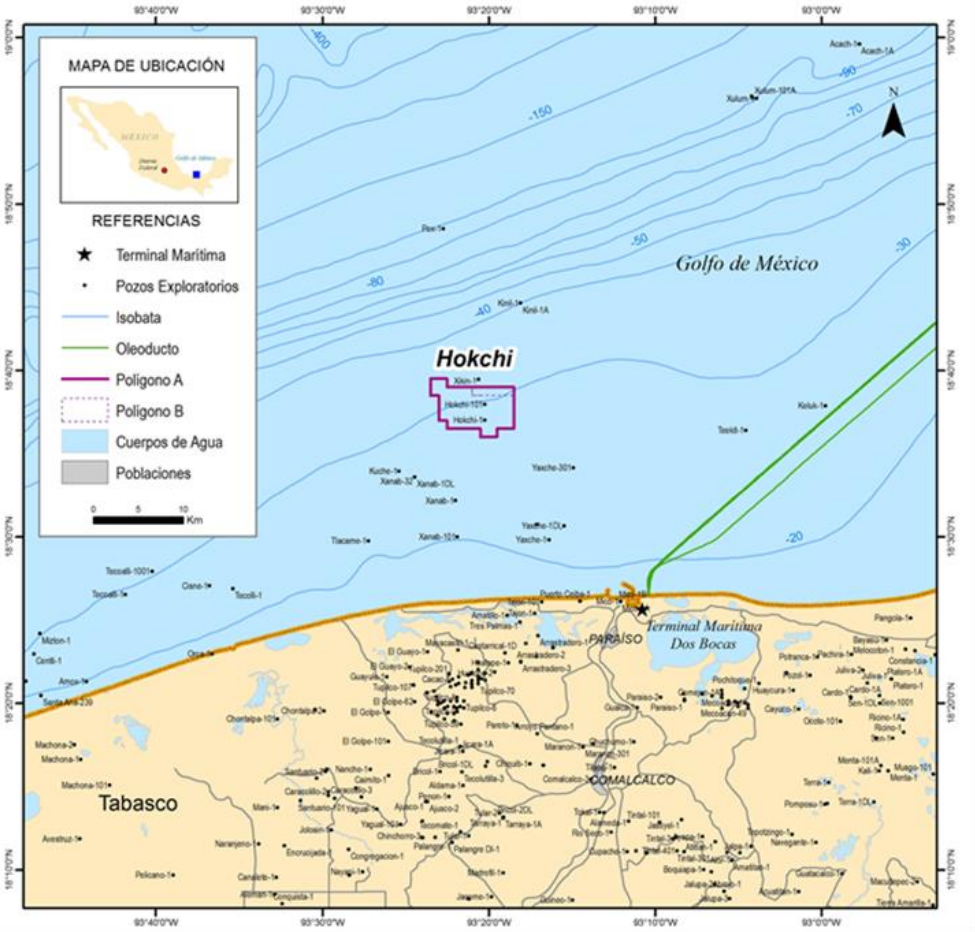


Figura II 1 Ubicación geográfica del área Hokchi.

(Plan de Evaluación Área Contractual Hokchi, 2016)

El 6 de abril de 2016 fue entregado a la CNH el **Plan de Evaluación** del Área Contractual Hokchi y el 4 de julio del mismo año se ingresó la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular correspondiente al proyecto "Ejecución del Plan de Evaluación Asociado al Contrato de Extracción de Hidrocarburos Bajo la Modalidad de Producción Compartida entre la Comisión Nacional de Hidrocarburos y Hokchi Energy S.A. de C.V. y EyP Hidrocarburos y Servicios (CNH-R01-L02-A2/2015)" para su autorización en materia de impacto ambiental a la ASEA.

Durante el período 2016-2017, Hokchi Energy ejecutó una campaña de evaluación, de acuerdo a lo presentado a la CNH mediante los documentos "Plan de Evaluación" y "Propuesta de Modificación al Plan de Evaluación". Dicho documento de modificación al plan fue aprobado por la CNH mediante el "Dictamen Técnico de la modificación al Plan de Evaluación", emitido en abril de 2017.

El Plan de Evaluación tuvo como objetivo principal la delimitación de la acumulación de aceite en el yacimiento, así como también ajustar la interpretación geológica del área, para de esa manera diseñar un plan de desarrollo que maximice tanto la recuperación final como el beneficio económico del proyecto.

Luego de la perforación y evaluación de los 5 pozos de delineación en la etapa de Evaluación del campo Hokchi, se pudieron analizar técnica y económicamente las distintas alternativas de desarrollo propuestas para el campo Hokchi, con los objetivos de maximizar el factor de recuperación de hidrocarburos, así como también maximizar el beneficio económico del proyecto.

Alcance de la MIA

Esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional incluye las obras y actividades correspondientes a la etapa de Ejecución del **Plan de Desarrollo** del Área Hokchi, la cual está asociada al Contrato de Extracción de Hidrocarburos entre la CNH y Hokchi Energy (Contrato: CNH-R01-L02-A2/2015).

Sector de la economía

Este proyecto de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2013 (SCIAN 2013) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se encuentra dentro del sector de la economía: **211110 Extracción de petróleo y gas.**

Los primeros dos dígitos de esta clasificación (21) significan que pertenece al sector **21 Minería**. Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la extracción de petróleo y gas, y a la explotación de minerales metálicos y no metálicos. La minería, para efectos de este clasificador, comprende la explotación de canteras, operaciones en pozos petroleros y de gas, operaciones de beneficio, como la trituración, el cribado, la molienda, la concentración magnética, la flotación y la lixiviación, encaminadas a la obtención de concentrados y precipitados, así como otras preparaciones que se hacen usualmente en la mina.

Por otro lado el sector: 211110 Extracción de petróleo y gas, indica que son unidades económicas dedicadas principalmente a la extracción de petróleo crudo y de hidrocarburos crudos en estado gaseoso (gas natural).

II.1.2 Justificación.

La posibilidad de desarrollar este proyecto fue generada primeramente por la denominada Reforma Energética que fue promulgada por el Ejecutivo Mexicano el 20 de diciembre de 2013, donde se establece la posibilidad de que la Nación pueda otorgar asignaciones a Empresas Productivas del Estado asignaciones o contratos a empresas privadas.

La Reforma Energética significó grandes cambios en el marco normativo del sector energía, incluyendo tres reformas constitucionales (artículos 25, 27 y 28 de la Constitución), 21 leyes (9 nuevas y 12 modificadas) y 25 nuevos reglamentos.

Cabe mencionar que dentro de los beneficios que el gobierno pretende con esta Reforma se encuentra el de mejorar el desempeño ambiental del país por lo que el Decreto de la Reforma Energética reitera términos de sustentabilidad, protección al medio ambiente, cambio climático, energías limpias y energías renovables.

Adicionalmente dentro de esta Reforma se incluye un Mandato Constitucional (Artículo Décimo Noveno Transitorio) para la creación de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA), como órgano administrativo desconcentrado de la SEMARNAT, con autonomía técnica y de gestión. La ASEA regula y supervisa en materia de seguridad industrial, operativa y de protección del medio ambiente, las instalaciones y actividades del sector hidrocarburos, incluyendo las actividades de desmantelamiento y abandono de instalaciones, así como el control de residuos, con lo que se pretende una regulación y una supervisión completamente especializada para el sector hidrocarburos.

La Reforma indica en su legislación secundaria medidas para la procuración de la protección y cuidado del medio ambiente de las empresas productivas del Estado y los particulares del sector energético, e incluye conceptos de eficiencia en el uso de energía, disminución de generación de gases y compuestos de efecto invernadero, eficiencia en el uso de recursos naturales, baja generación de residuos y emisiones, así como la menor huella de carbono en todos sus procesos.

Por otro lado cabe mencionar que los principales beneficios esperados por el gobierno de la reforma energética y para los cuales este proyecto será uno de sus contribuyentes son:

- Fomentará el desarrollo económico y social de todos los mexicanos.
- Crecerá la renta petrolera y con estos recursos se construirán más escuelas, hospitales, carreteras; se ofrecerán mejores servicios públicos.
- Se protegerá el medio ambiente, la población y los trabajadores.
- La mayor utilización del gas natural permitirá mejorar la calidad del aire.
- El uso de mejor tecnología hará posible extraer petróleo de forma más eficiente y encontrar nuevos yacimientos en menor tiempo.
- La explotación de recursos naturales deberá cumplir con el criterio de sustentabilidad.
- La industria energética mexicana será más competitiva y eficiente.
- Parte de la renta petrolera se destinará a financiar la investigación científica.
- Se estima que la capacidad de producción petrolera de México aumentará de 2.5 millones de barriles diarios actuales a 3 millones al terminar el sexenio.

- Se estima que la capacidad de producción de gas natural de México aumentará de 5,700 millones de pies cúbicos diarios actuales a 8,000 millones en 2018.
- El sector energético seguirá apoyando el desarrollo de México.
- El Producto Interno Bruto crecerá 1 punto porcentual en 2018 y 2 puntos en 2025.

II.1.3 Ubicación física y dimensiones del proyecto

El proyecto de desarrollo del campo Hokchi incluye tanto instalaciones marinas como terrestres cuyas ubicaciones físicas se describen a continuación:

Instalaciones Marinas

El área que le fue adjudicada a Hokchi Energy para la Extracción de Hidrocarburos o área contractual Hokchi se ubica en la provincia petrolera denominada Cuencas del Sureste, entre las coordenadas 18° 36´ 00.2´´ y 18° 39´ 30.0´´ de latitud Norte y 93° 18´ 30.0´´ y 93° 23´ 29.7´´ de longitud Oeste, a una distancia aproximada de 27 km al noroeste de la ciudad de Paraíso y el puerto de Dos Bocas, en la costa de Tabasco, México, y está definida por dos polígonos: A y B, ver Figura II.2.

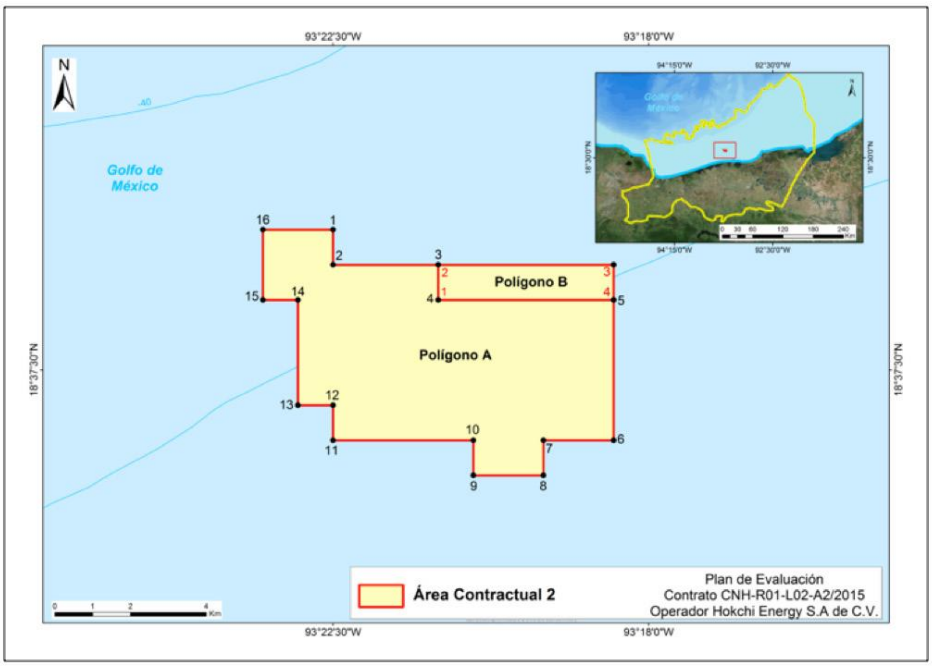


Figura II 2 Polígonos de ubicación geográfica del área Hokchi.

(Plan de Evaluación Área Contractual Hokchi, 2016)

El polígono A no presenta restricciones estratigráficas para la delineación y extracción de hidrocarburos, mientras que dentro del polígono B solo se permiten las actividades petroleras y la extracción de hidrocarburos de las formaciones geológicas pertenecientes al Cenozoico. Las

coordenadas geográficas y UTM de los polígonos referidos se presentan en la siguiente Cuadro II.1.

Cuadro II 1 Coordenadas del Área Contractual Hokchi

Polígono	Vértice	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
		Latitud	Longitud	X	Y
A	1	18º 39´30´´	93º 22´30´´	460,451.21	2,063,064.89
A	2	18º 39´00´´	93º 22´30´´	460,449.28	2,062,142.84
A	3	18º 39´00´´	93º 21´00´´	463,086.02	2,062,137.51
A	4	18º 38´30´´	93º 21´00´´	463,084.22	2,061,215.46
A	5	18º 38´30´´	93º 18´30´´	467,478.99	2,061,207.39
A	6	18º 36´30´´	93º 18´00´´	467,472.65	2,057,519.24
A	7	18º 36´30´´	93º 19´30´´	465,714.40	2,057,522.34
A	8	18º 38´00´´	93º 19´30´´	465,712.73	2,056,600.30
A	9	18º 36´00´´	93º 20´30´´	463,954.40	2,056,603.56
A	10	18º 36´30´´	93º 20´30´´	463,956.15	2,057,525.60
A	11	18º 36´30´´	93º 22´30´´	460,439.64	2,057,532.62
A	12	18º 37´00´´	93º 22´30´´	460,441.57	2,058,454.66
A	13	18º 37´00´´	93º 23´00´´	459,562.48	2,058,456.52
A	14	18º 38´30´´	93º 23´00´´	459,568.39	2,061,222.66
A	15	18º 38´30´´	93º 23´30´´	458,689.43	2,061,224.56
A	16	18°39'30"	93°23'30"	458,693.46	2,063,068.65
B	1	18º 38´30´´	93º 21´00´´	463,084.22	2,061,215.46
B	2	18º 39´00´´	93º 21´00´´	463,086.02	2,062,137.51
B	3	18º 39´00´´	93º 18´30´´	467,480.58	2,062,129.43
B	4	18º 38´30´´	93º 18´30´´	467,478.99	2,061,207.39

Coordenadas UTM en WGS 84, UTM 15 (Data Package 2015)

Por otro lado dentro en el área asignada se ubicarán dos plataformas marinas: la plataforma satélite y la plataforma central, cuyas coordenadas se indican en la Cuadro II.2 y Figura II.3

Cuadro II 2 Coordenadas de las plataformas marinas

Plataforma	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	X	Y
Satélite	18°37'31.07"	93°19'41.63"	465377.03	2059399.92
Central	18°37'49.92"	93°21'23.37"	462397.00	2059985.00

Coordenadas UTM en WGS 84, UTM 15 (Data Package 2015)

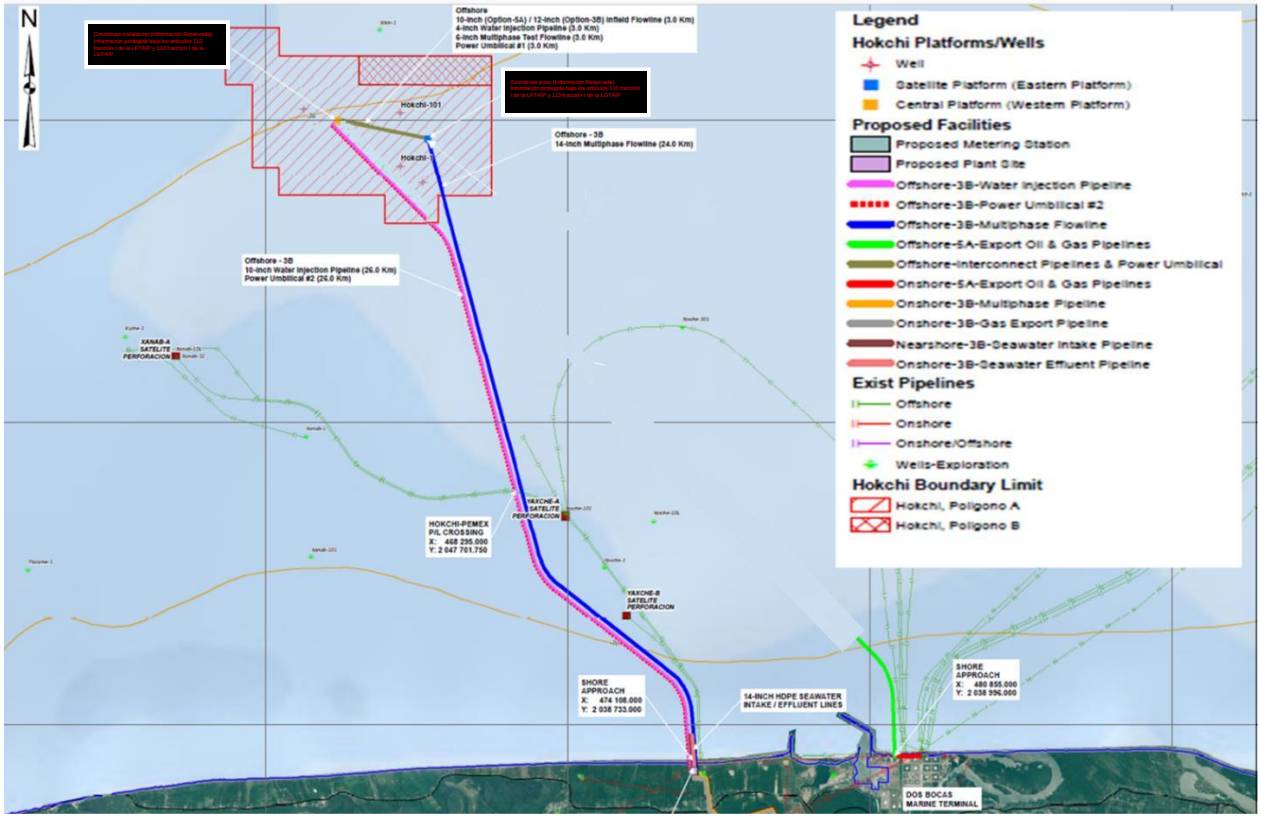


Figura II 3 Ubicación de las instalaciones marinas incluidas en el proyecto

El proyecto también incluye en su parte marina la instalación de un oleogasoducto, un ducto de agua de inyección y un ducto o cable submarino denominado umbilical en el que se alojarán el cableado de las señales de control y del suministro de energía eléctrica. Estos ductos conectarán a las instalaciones marinas con las terrestres, en la Cuadro II.3 y Figura II.3 se presentan las coordenadas de los puntos de inflexión de su trazo el cual aplica a los tres ductos que serán instalados (oleogasoducto, inyección de agua y umbilical), mientras que en el Anexo 3 se muestran las coordenadas de estos ductos cada 100 metros.

Cuadro II 3 Coordenadas de los Puntos de Inflexión del Trazo de los Ductos Marinos

Punto	Coordenadas UTM	
	X	Y
Corrida 1		
Arribo costero	473318.20	2038778.00
C1-1	473240.70	2038909.70
C1-2	472987.10	2039340.70

Punto	Coordenadas UTM	
	X	Y
C1-3	472733.60	2039771.80
C1-4	472480.10	2040202.80
C1-5	472226.50	2040633.90
C1-6	471973.00	2041064.90
C1-7	471719.40	2041496.00
C1-8	471465.90	2041927.00
C1-9	471212.40	2042358.10
C1-10	470958.80	2042789.10
C1-11	470705.30	2043220.20
C1-12	470451.80	2043651.20
C1-13	470198.20	2044082.30
C1-14	469944.70	2044513.30
C1-15	469691.20	2044944.40
C1-16	469437.60	2045375.40
C1-17	469184.10	2045806.50
C1-18	468930.60	2046237.50
C1-19	468677.00	2046668.60
Q2	468423.50	2047099.60
C1-20	468302.20	2047584.70
C1-21	468180.80	2048069.70
C1-22	468059.50	2048554.80
C1-23	467938.20	2049039.90
C1-24	467816.90	2049524.90
C1-25	467695.60	2050010.00
C1-26	467574.20	2050495.00
C1-27	467452.90	2050980.10
C1-28	467331.60	2051465.20
C1-29	467210.30	2051950.20

Punto	Coordenadas UTM	
	X	Y
C1-30	467088.90	2052435.30
C1-31	466967.60	2052920.30
C1-32	466846.30	2053405.40
C1-33	466725.00	2053890.40
C1-34	466603.70	2054375.50
C1-35	466482.30	2054860.60
C1-36	466361.00	2055345.60
C1-37	466240.30	2055830.80
Q1	466126.60	2056283.00
C1-38	465961.90	2056965.70
C1-39	465844.70	2057451.80
C1-40	465727.50	2057937.90
C1-41	465610.30	2058423.90
C1-42	465493.00	2058910.00
H4	465375.80	2059396.10
C1-43	464849.50	2059500.10
C1-44	464359.00	2059597.10
C1-45	463868.50	2059694.10
C1-46	463378.00	2059791.00
C1-47	462887.50	2059888.00
H2	462398.20	2059982.60
Corrida 2		
Hokchi 2	462,398.20	2,059,982.60
C2-1	462,751.90	2,059,632.80
C2-2	463,106.70	2,059,280.50
C2-3	463,461.60	2,058,928.30
C2-4	463,816.40	2,058,576.00
C2-5	464,171.00	2,058,223.50
C2-6	464,525.90	2,057,871.30
C2-7	464,880.80	2,05,7519.10

Punto	Coordenadas UTM	
	X	Y
C2-8	465,235.90	2,057,167.10
C2-9	465,590.70	2,056,814.70
C2-10	465,945.60	2,056,462.60
Quiebre 1	466,126.60	2,056,283.00

Coordenadas UTM en WGS 84, UTM 15 (Data Package 2015)

Las coordenadas del arribo costero de los ductos marinos: oleogasoducto, ducto de agua de inyección y ducto submarino umbilical, así como el suministro de agua de mar se indican en la Cuadro II.4:

Cuadro II 4 Coordenadas de los Puntos del Arribo Costero de Ductos Marinos

Punto	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	X	Y
Oleogasoducto	18°26´20.51”	93°15´9.63”	473,318.20	2,038,778.00
Agua de inyección	18°26´20.51”	93°15´9.63”	473,318.20	2,038,778.00
Umbilical	18°26´20.51”	93°15´9.63”	473,318.20	2,038,778.00
Agua de mar	18°26´20.51”	93°15´9.63”	473,318.20	2,038,778.00
Agua residual	18°26´20.51”	93°15´9.63”	473,318.20	2,038,778.00

Coordenadas UTM en WGS 84, UTM 15 (Data Package 2015)

El proyecto también contiene una toma abierta para la captación de agua de mar, dicha agua después de ser tratada en la Planta Hokchi Paraíso será utilizada como agua de inyección, en la Cuadro II.5 se presentan sus coordenadas.

Cuadro II 5 Coordenadas de Toma de Agua de Mar

Punto	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	X	Y
1	18°26'45.85"	93°15'20.51"	473000.00	2039557.00
2	18°26'45.85"	93°15'20.51"	473000.00	2039557.00

Coordenadas UTM en WGS 84, UTM 15 (Data Package 2015)

Y finalmente el proyecto en su área marina contará con ductos de interconexión entre las dos plataformas (Satélite y Central), cuyas coordenadas de su trazo se muestran en la Cuadro II.6 y se anotan de manera detallada en el Anexo 3.

Cuadro II 6 Coordenadas del trazo de ductos de interconexión de plataformas

Punto	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	X	Y
Punto de inicio (Plataforma Central)	Coordenadas de Instalaciones (Información Reservada) Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP			
Punto final (Plataforma Satélite)				

Coordenadas UTM en

Instalaciones Terrestres

La principal instalación terrestre del proyecto es la Planta Hokchi Paraíso, la que incluye los siguientes sistemas: tratamiento de aceite, gas y agua, tratamiento e inyección de agua, compresión de gas y generación de energía eléctrica, así como servicios auxiliares, red de contraincendio, drenajes, desfogues, aire de instrumentos, nitrógeno y agua y finalmente la infraestructura administrativa (oficinas, depósitos, talleres, etc.) y está integrada por dos predios (fracción A y fracción B) como se muestra en la Figura II.4 y cuyas coordenadas se presentan en el Cuadro II.7 (ver plano del predio incluido en el Anexo 3).

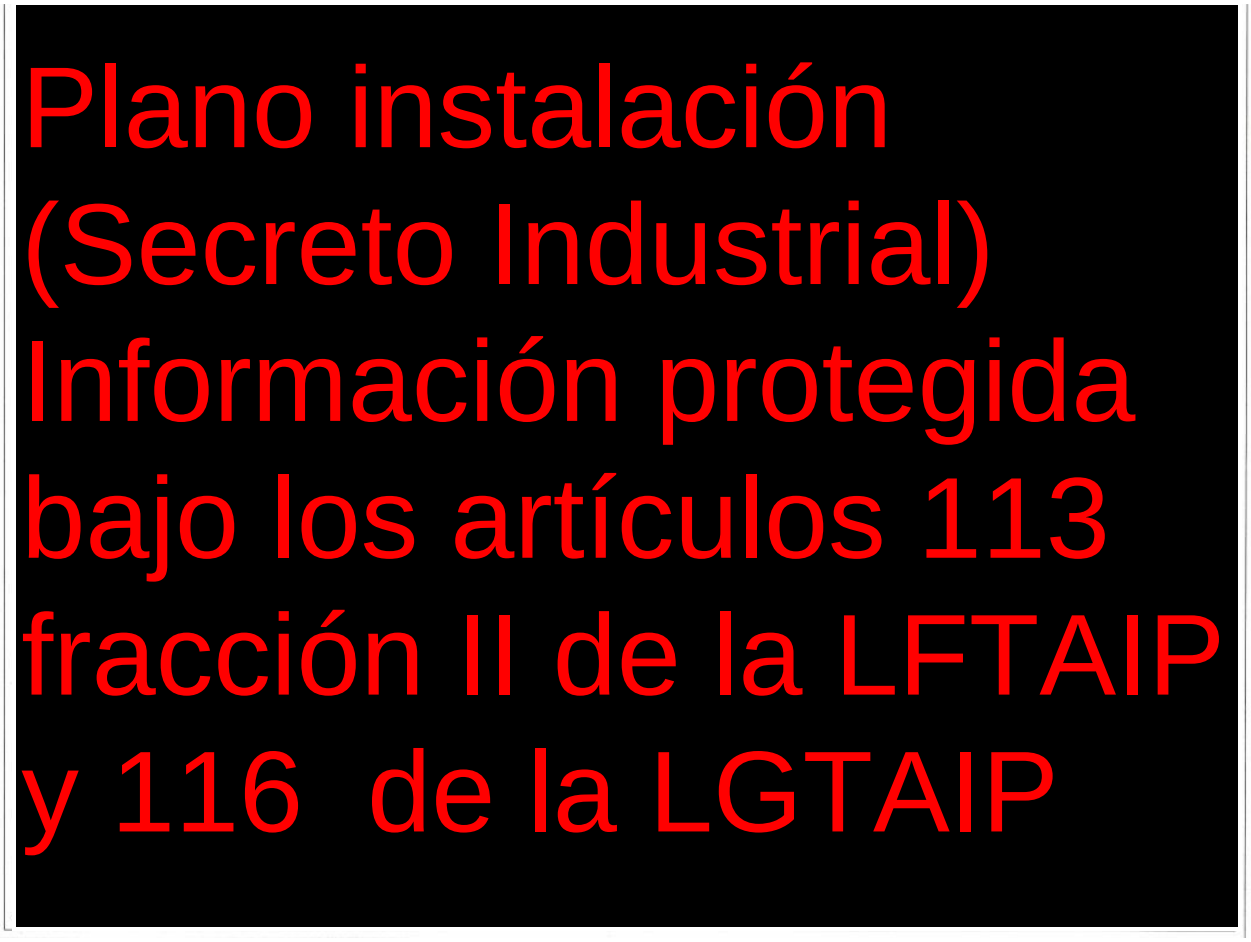


Figura II 4 Predios de ubicación de Planta Hokchi Paraíso (Fracción A y Fracción B)

Cuadro II 7 Coordenadas del Complejo Hokchi Planta Paraíso

Punto	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	X	Y
Fracc. A, lado 1,2	18°25'26.56"	93°15'10.47"	473,291.0000	2,037,120.0000
Fracc. A, lado 2,3	18°25'26.49"	93°15'12.79"	473,222.9778	2,037,118.0585
Fracc. A, lado 3,4	18°26'19.47"	93°15'12.62"	473,230.2042	2,038,746.1595
Fracc. A, lado 4,5	18°25'19.38"	93°15'4.44"	473,470.1531	2,038,743.1146
Fracc. A, lado 5,6	18°25'41.54"	93°15'4.70"	473,460.8368	2,037,580.1214
Fracc. A, lado 6,7	18°25'41.67"	93°15'3.95"	473,483.0000	2,037,584.0000
Fracc. A, lado 7,8	18°25'37.50"	93°15'4.11"	473,478.0000	2,037,456.0000

Punto	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	X	Y
Fracc. A, lado 8,9	18°25'40.11"	93°15'59.14"	473,624.0000	2,037,536.0000
Fracc. A, lado 9,10	18°25'32.07"	93°15'59.36"	473,617.0000	2,037,289.0000
Fracc. A, lado 10,11	18°25'32.16"	93°15'4.31"	473,472.0000	2,037,292.0000
Fracc. A, lado 11,12	18°25'34.07"	93°15'4.23"	473,474.3766	2,037,350.6236
Fracc. A, lado 12,13	18°25'34.07"	93°15'5.48"	473,437.8098	2,037,350.6426
Fracc. A, lado 13,14	18°26'41.44"	93°15'5.28"	473,443.7607	2,037,577.1331
Fracc. A, lado 14,15	18°25'40.98"	93°15'8.04"	473,363.0000	2,037,563.0000
Fracc. A, lado 15,16	18°25'39.97"	93°15'8.00"	473,364.0000	2,037,532.0000
Fracc. A, lado 16,1	18°25'40.06"	93°15'10.42"	473,293.0000	2,037,535.0000
Fracc. B, lado 17,18	18°25'36.14"	93°14'58.82"	473,633.0000	2,037,414.0000
Fracc. B, lado 18,19	18°25'44.37"	93°14'58.67"	473,638.0000	2,037,667.0000
Fracc. B, lado 19,20	18°25'45.24"	93°14'47.062"	473,978.0000	2,037,693.0000
Fracc. B, lado 20,17	18°25'36.76"	93°14'46.89"	473,983.0000	2,037,432.0000

Coordenadas UTM en WGS 84, UTM 15 (Data Package 2015)





Figura II 5 Ubicación de las instalaciones terrestres incluidas en el proyecto

El proyecto también incluye una estación de medición fuera del Complejo Hokchi Planta Paraíso cuyas coordenadas se muestran en la Cuadro II.8 y Figura II.5:

Cuadro II 8 Coordenadas de la Estación de Medición

Punto	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	X	Y
EM1	Coordenas instalación (Información Reservada) Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP			
EM2				
EM3				
EM4				

Coordenadas UTM en WGS 84, UTM 15 (Data Package 2015)

El proyecto contará con dos ductos terrestres o costa adentro que salen del Complejo Hokchi Planta Paraíso con destino a la Estación de Medición. Los primeros 600 metros de este trazo (del predio B de la planta Hokchi a la batería de separación de PEMEX) con coordenadas mostradas en el Cuadro II.9 y en el Anexo 3 se indican a detalle.

Cuadro II 9 Coordenadas de los Ductos Terrestres desde la Planta Hokchi, Paraíso hasta la Estación de Medición (primer tramo)

Punto	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	X	Y
PP1	18°25'45.23"	93°14'53.22"	473798.00	2037693.00
PP2	18°25'45.24"	93°14'44.70"	474048.00	2037693.00
PP3	18°25'44.25"	93°14'36.17"	474298.00	2037662.00
PP4	18°25'44.29"	93°14'27.65"	474548.00	2037663.00

Coordenadas UTM en WGS 84, UTM 15 (Data Package 2015)

Con un mismo trazo, estos ductos oleoducto (14”Ø por 6 km) y gasoducto (6”Ø por 6 km) continúan hacia la estación de medición en el Cuadro II.10 se presentan sus coordenadas.

Cuadro II 10 Coordenadas de los Ductos Terrestres a la Estación de Medición

Punto	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	X	Y
D3	18°25'28.23"	93°14'15.57"	474696.05	2037169.25
D4	18°25'23.03"	93°14'15.57"	474901.49	2037009.17
D5	18°25'11.38"	93°14'16.03"	474887.52	2036651.13
D6	18°25'9.24"	93°14'9.45"	475080.47	2036585.11
D7	18°25'19.98"	93°13'50.88"	475625.61	2036914.53
D8	18°25'30.80"	93°13'12.18"	476761.40	2037245.62
D9	18°25'4.72"	93°12'59.41"	477135.01	2036443.76
D10	18°24'53.41"	93°12'59.38"	477135.40	2036096.07

Coordenadas UTM en WGS 84, UTM 15 (Data Package 2015)

Superficie Total Requerida

La superficie total requerida para el proyecto es de 493,950.07 m^2 (49.39 ha) aproximadamente, la que será utilizada de la siguiente manera:

Descripción	Área (m^2)
Instalaciones Marinas	
Plataforma satélite	145.00
Plataforma central	750.00
Corredor de ductos marinos (gasoducto, inyección de agua y umbilical)	24,000.00
Toma de agua de mar	1,000.00
Corredor submarino de interconexión de plataformas	3,000.00
Instalaciones marinas Sub total	28,895.00
Instalaciones Terrestres	
Planta Hokchi (predio A)	350,825.07
Planta Hokchi (predio B)	88,665.00
Estación de medición	15,565.00
Corredor de ductos de planta Hokchi a estación de medición	6,000.00
Oleogasoducto a TMDB	4,000.00
Instalaciones terrestres Sub total	465,055.07
Área Total del Proyecto	**493,950.07 m^2**

En relación a la superficie a afectar con respecto a la cobertura vegetal, el proyecto afectará vegetación solamente en el predio en donde se instalará la Planta Hokchi Paraíso y la estación de medición, debido a que las demás instalaciones terrestres serán en terrenos utilizados actualmente por instalaciones petroleras, como son los derechos de vía existentes y en operación. En el Anexo 3, se incluye el plano del arreglo de equipo de la Planta Hokchi Paraíso, en el que se puede apreciar como estarán distribuidas instalaciones y equipos.

A continuación se presenta la información referente a las superficies a afectar.

Obra permanente	Área (m^2)	% (Con respecto al área total del predio)
Planta Hokchi Paraíso (predio A)	350,825.07	100
Superficie a afectar	242,646.00	69.16
Plantación de coco	217,646.00	62.03
Pastizal cultivado	74,340.00	7.12
Planta Hokchi Paraíso (predio B)	88,665.00	100
Superficie a afectar	62,509.00	70.50
Vegetación arbustiva	6,250.90	7.05
Plantación de coco	46,881.75	52.88
Pastizal inducido-cultivado	9,376.35	10.58
Estación de medición	256,346.00	100
Superficie a afectar	15,565.00	6.07
Plantación de coco	14,786.00	5.70
Pastizal cultivado	778.00	0.30

En el **Anexo 2**, se incluye el plano topográfico de la zona en estudio, en el cual se encuentra indicada la distribución total de la infraestructura del proyecto, a la misma escala que el mapa de vegetación que se solicitará en la sección IV.2.2 inciso A.

II.1.4 Inversión requerida

El monto estimado de la inversión total del proyecto, considerado para ser ejercido en el periodo de 2018 a 2040 es de: Costo de inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

Costo de inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

Fuentes de financiamiento: 100% con recursos propios de Hokchi Energy.

Inversión	Dólares americanos
Estudios e infraestructura Costos de Producción	Costo de inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP
Subtotal	
Costos indirectos (fuera de territorio mexicano)	
Total	

Por otro lado los costos aproximados estimados necesarios para aplicar las medidas de prevención, mitigación y recuperación ambiental del proyecto se indican en la Cuadro II.11.

Cuadro II 11 Costos de medidas de prevención y mitigación y recuperación ambiental

Actividad Petrolera	Sub-actividad Petrolera	Tarea	Total 2018-2040 USD
Desarrollo	Seguridad, Salud y Medio Ambiente	Elaboración del plan de seguridad y medio ambiente	Costo de inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP
		Prevención y detección de incendio y fugas de gas	
		Implementación y seguimiento	
		Auditoría ambiental	
		Tratamiento y eliminación de residuos	
		Restauración ambiental	
		Auditorías de seguridad	
		Subtotal Seguridad, Salud y Medio Ambiente	
Producción	Seguridad, Salud y Medio Ambiente	Actualización del plan de seguridad y medio ambiente	
		Prevención y detección de incendio y fugas de gas	
		Implementación y seguimiento	
		Auditoría ambiental	
		Tratamiento y eliminación de residuos	
		Restauración ambiental	
		Auditoría de seguridad	
		Subtotal Seguridad, Salud y Medio Ambiente	
Total			

II.2 Características particulares del proyecto, plan o programa

II.2.1 Programa de trabajo

El diagrama de Gantt del proyecto se presenta en el Anexo No. 3.

Este programa del proyecto indica las siguientes fechas para la etapa de preparación del sitio y construcción de las instalaciones marinas:

- Fechas Progama trabajo (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP
-

Las instalaciones marinas incluyen a las dos plataformas (Satélite y Central) y a los ductos marinos (gasoducto, inyección de agua y umbilical) tanto los que interconectan a las plataformas con la costa como los de interconexión de plataformas, así como la toma de agua de mar y su conducción a la Planta Hokchi Paraíso.

Y para las instalaciones terrestres:

- Fechas Progama trabajo (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP
-

Las instalaciones terrestres incluyen el procesamiento de petróleo y gas en tierra para separar la mezcla obtenida de los pozos, preparación del agua inyección y el tratamiento de los hidrocarburos para adecuarlos a las condiciones de comercialización.

El aceite tratado a condiciones comerciales será enviado, después de su medición de transferencia de custodia, a un ducto hacia el Centro Comercializador de Crudo (CCC) Palomas, mediante infraestructura de PEMEX.

El gas se comprimirá y dosificará (medición de transferencia de custodia) antes de inyectarse a alta presión (85 kg / cm^2) en un gasoducto existente que va hacia la TMDB.

Para la etapa de operación tanto para instalaciones terrestres como marinas se tienen las siguientes fechas:

Para la etapa de operación tanto para instalaciones terrestres como marinas se tienen las siguientes fechas:

- Fechas Progama trabajo (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP
-

II.2.2 Representación gráfica regional

En la Figura II.6 se presenta la representación gráfica regional para el proyecto

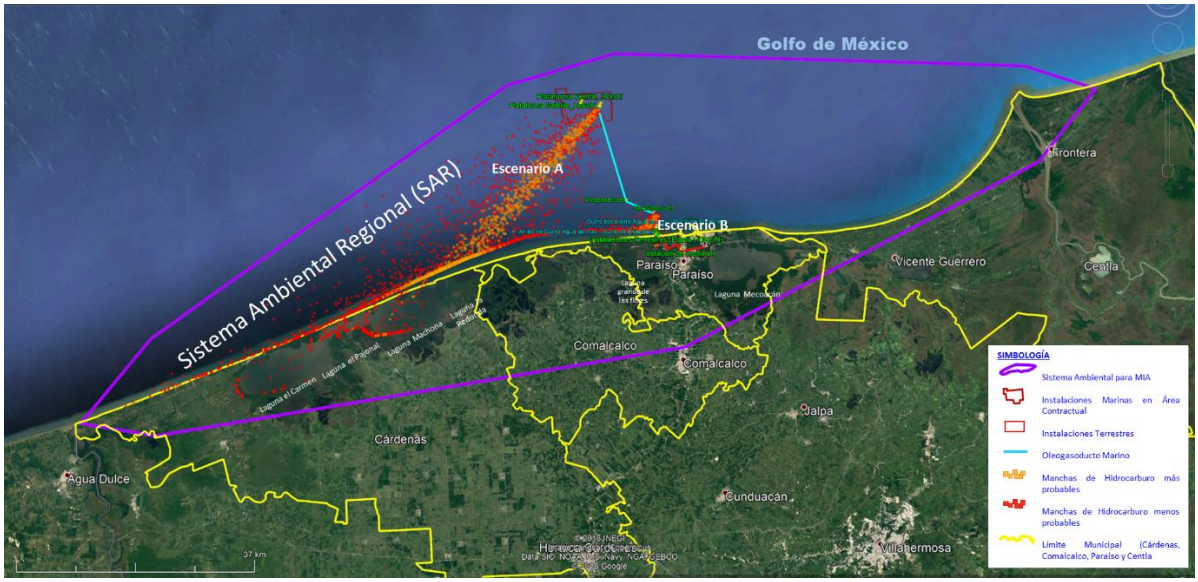


Figura II 6 Sistema Ambiental Regional en donde se ubica el proyecto

II.2.3 Representación gráfica local

En la Figura II.7 se presenta la representación gráfica local para el proyecto

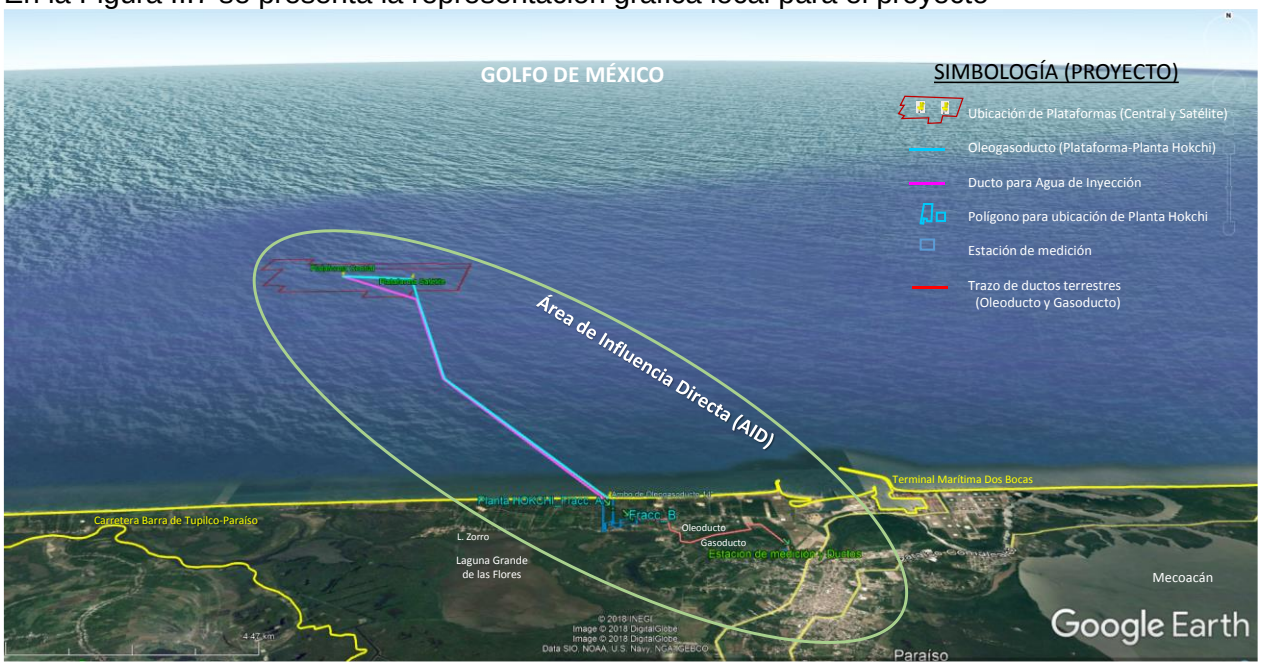


Figura II 7 Representación gráfica local de la ubicación del proyecto

II.2.4 Preparación del sitio y construcción.

A continuación se describen las obras y actividades del proyecto para las etapas de preparación del sitio y construcción tanto para las instalaciones marinas como para las terrestres.

PREPARACIÓN DEL SITIO

En este apartado se describen las actividades de preparación del sitio tanto para las instalaciones costa afuera o marinas como para las instalaciones terrestres.

Instalaciones Marinas

Las instalaciones marinas que abarca este proyecto incluyen dos plataformas marinas, así como los ductos marinos necesarios para la recolección del producto y la inyección de agua como se indican a continuación:

- Plataforma Central (Plataforma Oeste)
- Plataforma Satélite (Plataforma Este)
- Oleogasoducto (14”Ø por 26 km)
- Ducto umbilical de potencia (#2 por 26 km)
- Ducto de agua de inyección (10”Ø por 26 km)
- Toma de agua de mar
- Ducto de suministro de agua de mar (14”Ø por 1.0 km)
- Arribo costero de los ductos marinos
- Oleogasoducto de interconexión de plataformas (6”Ø por 3.0 km)
- Ducto de agua de inyección de interconexión de plataformas (4”Ø por 3.0 km)
- Ducto umbilical de potencia de interconexión de plataformas (#1 por 3.0 km).

La etapa de preparación del sitio para las instalaciones marinas de este proyecto consiste en determinar la morfología del fondo marino, así como la identificación de presencia de estructuras u obstáculos en las áreas en donde serán ubicadas tanto las plataformas como los ductos, los estudios desarrollados para determinar la configuración del fondo marino se describen a continuación.

Primeramente se llevaron a cabo los estudios de Relevamiento Geotécnico Hokchi desarrollados por el consultor Geohidra Consultores y Oceaneering, cuyo alcance principal fue la verificación del comportamiento (penetración y estabilidad) de las cimentaciones (spudcan) de las plataformas móviles Jack Up que la empresa utilizará en Hokchi Este y en Hokchi Oeste.

Estos estudios tuvieron por objeto obtener datos del fondo y sub-fondo marinos en las áreas Hokchi Este y Hokchi Oeste de aproximadamente 4.4 kilómetros cuadrados (área cuadrangular de 2.1 km por lado) cada una y donde se perforaron los pozos Hokchi de prospección petrolera, mediante plataformas auto-elevables o tipo “Jack-Up”. Asimismo se llevó a cabo la tarea de identificar obstáculos de cualquier tipo y la morfología del fondo marino (tuberías, restos de barcos hundidos, deshechos, entre otros) incluyendo la batimetría de las áreas.

El relevamiento geofísico marino somero fue realizado mediante los sistemas de: Posicionamiento GPS Diferencial, Sonar de Barrido Lateral, Ecosonda Multibeam, Perfilador

Somero, Magnetómetro Marino y Perfilador Profundo por Sísmica 2D Multicanal, con el objeto de obtener la siguiente información de los sitios:

- Medición y mapeo de profundidades de agua y determinación del gradiente del lecho marino en los dos sitios en estudio.
- La detección e investigación de obstrucciones presentes en el lecho marino, que pudiesen representar un riesgo para el hincado de las piernas de las plataformas autoelevables (spudding).
- El mapeo de las variaciones de los sedimentos presentes en el lecho marino.
- La identificación y mapeo de acumulación de gas superficial y sub-superficial en la sección superior de la localización en estudio.
- La identificación de cualquier impedimento a la perforación en la parte superior de la localización en estudio, así como de los riesgos geológicos, tales como fallas geológicas estructurales superficiales y sectores proclives al desplazamiento, al igual que cualquier otro indicio de inestabilidad del lecho marino.

También se llevaron a cabo los estudios de Relevamiento Geotécnico Hokchi por Geohidra Consultores y Oceaneering, cuyo alcance fue la verificación del comportamiento de las cimentaciones tipo pilotes de las plataformas fijas tipo Jacket que serán utilizadas en Hokchi Este y Hokchi Oeste.

La evaluación se basa en la información recopilada en 120 metros del sondeo para ambas plataformas, este sondeo se ejecutó de manera combinada entre recuperación de muestras y ensayos in situ con pruebas de penetración de cono (Cone Penetration Test) hasta de 119.96 metros bajo el lecho marino, obteniéndose:

- Curvas de capacidad de carga axial última a tensión y compresión obtenidas de las pruebas de campo para los diámetros de pilotes indicados.
- Curvas de resistencia del suelo-deformación lateral (p-y).

Finalmente durante la etapa de preparación del sitio y previamente al inicio de la etapa de construcción, buzos inspeccionarán el fondo marino para detectar obstáculos que puedan entorpecer los trabajos de instalación y si existen obstáculos se retiran.

Instalaciones Terrestres

Las instalaciones terrestres que se incluyen en este proyecto son las siguientes:

- Planta Hokchi Paraíso
- Estación de Medición
- Oleogasoducto (14”Ø por 6 km), de Hokchi Planta Paraíso a Estación de Medición
- Gasoducto (6”Ø por 6 km), de Hokchi Planta Paraíso a Estación de Medición
- Puntos de conexión con ductos de PEMEX existentes

A continuación se describen las actividades requeridas en la etapa de preparación del sitio en las diferentes instalaciones terrestres del proyecto.

Complejo Hokchi Planta Paraíso y Estación de Medición
El predio en el que se instalará el Complejo Hokchi Planta Paraíso tiene un área de 43.9 ha y equivalen a 439,490 m^2.

Este predio actualmente presenta cultivo de coco, que es el principal cultivo de los suelos costeros del municipio de Paraíso, debido al tipo de suelo presente “suelos costeros arenosos”, estos suelos presentan muchas limitantes para otros cultivos más atractivos económicamente.

Las plantaciones de cocotero son invadidas por un amplio rango de malezas perennes y anuales. El monocultivo permite una alta incidencia de luz solar en los entresurcos, favoreciendo la invasión de malezas, por lo tanto, el manejo de malezas es una práctica cultural esencial para el cultivo de cocoteros, por lo que en este tipo de cultivos se realiza un deshierbe anual.

Las principales actividades que se llevarán a cabo durante la preparación del sitio son: remoción de vegetación (deshierbe), despalme y limpieza, compactación y nivelación.

Por otro lado el terreno en donde se instalará la **Estación de Medición** actualmente presenta pastizal para ganadería. Durante esta etapa del proyecto en este predio se llevarán actividades de remoción de la vegetación (desmonte), despalme y limpieza, compactación y nivelación.

A continuación se describen como se llevarán a cabo las actividades de preparación del sitio del proyecto.

Remoción de vegetación (desmonte), estas actividades consistirán en el derribo del estrato arbóreo cortado desde su base para ser empujado y amontonado con maquinaria para su posterior disposición.

El estrato arbustivo y la remoción de la cubierta vegetal se eliminarán de manera gradual mediante el empleo de maquinaria o de manera manual, lo cual permitirá que la fauna silvestre que pudiera encontrarse tenga la posibilidad de migrar a los terrenos aledaños que tienen características biofísicas idénticas a los del sitio del proyecto.

No se realizará quema del producto de la remoción vegetal; todo el material producto del desmonte será recolectado, transportado y dispuesto en sitios autorizados.

Compactación y nivelación, para la nivelación del terreno se realizarán cortes al suelo con la finalidad de alcanzar los niveles de desplante requeridos. Para este proyecto no se abrirán nuevos bancos de materiales. En el caso de que el material producto de la excavación de cortes no sea suficiente para la nivelación, se utilizará material de los bancos de préstamo de materiales autorizados de la región.

Esta etapa del proyecto requiere el transporte de la maquinaria y equipo al sitio del proyecto, así como el del personal de la compañía contratista que desarrollará las actividades requeridas. Para este transporte, no se construirán nuevos caminos sino que se hará uso de las vías existentes.

Todos los vehículos de transporte que serán utilizados en esta etapa estarán en buenas condiciones de operación y con los mantenimientos adecuados para asegurar la mínima emisión de contaminantes a la atmósfera.

Ductos Terrestres
Todos los ductos terrestres dentro del alcance del proyecto serán instalados en derechos de vía existentes y estos derechos de vía están ubicados en su mayoría en zonas agrícolas y ganaderas, así como en algunos casos cercanos a zonas poblacionales.

Debido a esto las actividades de preparación del sitio quedan reducidas al deshierbe y restringidas a la zona que ocupe la amplitud del derecho de vía y, en caso necesario, del camino de acceso.

Se utilizarán los caminos de acceso ya existentes para ingresar a los derechos de vía. En el caso excepcional de que sea imprescindible la apertura de nuevos caminos de acceso para llegar a las instalaciones, se debe cumplir con lo establecido en la legislación local aplicable. Durante estas actividades no se utilizarán agroquímicos y/o fuego.

CONSTRUCCIÓN

A continuación se describirán las obras permanentes y asociadas incluidas en el proyecto primeramente las del medio acuático (costa fuera) y seguidamente las terrestres (sobre tierra firme), así como sus correspondientes actividades de construcción.

Instalaciones Marinas

Las instalaciones marinas que abarca este proyecto incluyen dos plataformas marinas, así como los ductos marinos necesarios para el transporte del producto y la inyección de agua, lo que se describe a continuación.

Plataformas Marinas
Las plataformas marinas están constituidas de tres partes principales: la subestructura, que es el segmento que se ubica del nivel de agua al lecho marino, la superestructura, que se refiere a la parte que se ve a simple vista sobre el agua y la cimentación, conformada generalmente por pilotes. A continuación se describen las plataformas marinas incluyendo sus pozos de desarrollo que serán perforados y están en el alcance del proyecto. Las plataformas dentro del alcance del proyecto serán del tipo Wellhead y no tripuladas.

Plataforma Satélite (Plataforma Este)
La subestructura de esta plataforma se encontrará fija al fondo del océano mediante pilotes, con 18.3 m (60´) por lado a una elevación de 16 m, estará construida con marcos, vigas, columnas, arriostramientos, elementos diagonales y puntuales de acero.

La superestructura incluye tres cubiertas denominadas: bodega, bocas de pozo y principal.

La cubierta llamada bodega es de: 14.6 m por 9.15 m, con una elevación de 17.8 m, en esta cubierta se ubicará al sistema abierto de drenajes con un tanque y tres bombas.

La cubierta designada con el nombre de cabezal de pozos es de 18.4m por 18.4m y se ubicará a una elevación de 23m, en esta cubierta serán instaladas las cabezas de pozos, cabezal de producción, cabezal de medición, sistema de inyección de metanol, paquete de inyección de químicos, lanzador de diablos y trampa de diablos, así como también el bote salvavidas.

La cubierta principal tendrá dimensiones de 15.45m por 17.7m y se ubicará a una elevación de 30.6m, en esta cubierta se instalará el sistema de generación de energía eléctrica a base motogeneradores a diesel, la grúa y el cuarto de control.

Plataforma Central (Plataforma Oeste)
La plataforma central contará con cuatro cubiertas bodega, cabezas de pozo, principal y helipuerto, lo que se describe a continuación.

La subestructura de esta plataforma tendrá seis patas y ocupará un área en el fondo del marino de 36.6m por 20.5m y estará fija al fondo del océano mediante pilotes, estará construida con marcos, vigas, columnas, arriostramientos, elementos diagonales y puntuales de acero.

La superestructura de esta plataforma contará con cuatro cubiertas: bodega, cabezas de pozo, principal y helipuerto, lo que se describe a continuación.

La cubierta denominada bodega tiene un área de 22m por 22m ubicada en la elevación 17.83m y que estará integrada por el sistema cerrado de drenajes y los sistemas de envío de diablos (ducto de exportación y ducto de prueba).

La cubierta de cabezal de pozos es de 30m por 58m y se ubicará a una elevación de 24m, en esta cubierta serán instaladas las cabezas de pozos, cabezal de producción, sistema de medición, separador de prueba, sistema de inyección de metanol y bote salvavidas.

La cubierta principal tendrá dimensiones de 30m por 58m y se ubicará a una elevación de 32.88m, en esta cubierta se instalará el quemador tipo boom, la grúa, el sistema de generación de emergencia de energía eléctrica a base motogeneradores a diesel y el cuarto de control.

Pozos
En el campo Hokchi se construirán 9 (nueve) pozos, de los cuales se perforarán 8 (ocho) desde la plataforma Oeste y uno desde la plataforma Este, lo cual se encuentra indicado en la Cuadro II.12, en donde también se muestran las ubicaciones de estos pozos así como sus objetivos en el subsuelo.

Cuadro II 12 Pozos a ser perforados

Pozo	Posición	Coordenadas en la plataforma		Coordenadas en el lecho marino		Profundidad
		X	Y	X	Y	
Hokchi-7	Este	Coordenadas pozos (Información Reservada) Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP				
Hokchi-11	Oeste					
Hokchi-18	Oeste					
Hokchi-19	Oeste					
Hokchi-21	Oeste					
Hokchi-22(H)	Oeste					
Hokchi-23(H)	Oeste					
Hokchi-24(H)	Oeste					
Hokchi-25(H)	Oeste					

Cabe mencionar que la propuesta de desarrollo del campo Hokchi incluye un proceso de recuperación secundaria mediante la inyección de agua, debido a esto su configuración en cuanto a pozos incluye 7 (siete) pozos productores (3 horizontales) y siete (7) pozos inyectores de agua (1 horizontal).

La producción del campo proveniente de los pozos será captada en las dos plataformas marinas en donde se instalarán las cabezas de pozos tanto inyectores como productores, y los cabezales de producción y ensayo, así como los sistemas para brindar servicios auxiliares y control de las instalaciones.

La Plataforma Satélite albergará 4 (cuatro) pozos y contará con slots disponibles para 2 (dos) pozos inyectores adicionales. La Plataforma Central tendrá 10 (diez) pozos, 6 (seis) productores y 4 (cuatro) inyectores, asimismo 6 slots disponibles adicionales. Estos nueve pozos nuevos incluidos en este proyecto, serán perforados utilizando herramientas direccionales, con una geometría tipo “J” y horizontal, todos tendrán el inicio de la desviación (KOP) luego de la finalización de la etapa de tubería de revestimiento de 20”.

Cinco de estos pozos serán tipo “J”, una vez alcanzada la máxima inclinación en cada uno de los pozos, se mantendrán las trayectorias tangenciales hasta alcanzar los objetivos planteados.

Cuatro de estos pozos serán horizontales, los mismos serán tipo “J” hasta el sello del reservorio donde llegarán con un ángulo tangente, luego se comenzará a crecer el ángulo para entrar en el objetivo con el ángulo horizontal planteado.

La Figura II.8, muestra una vista en planta en donde se pueden observar los pozos propuestos a perforar desde las locaciones Este/Oeste y los distanciamientos al objetivo:

Actividades de Construcción para las Plataformas Marinas
Para la instalación de este tipo de estructuras se requiere de las siguientes etapas generales:

- Lanzamiento de la subestructura.
- Colocación e instalación de la subestructura.
- Pilotaje y cimentación.
- Colocación de la superestructura

Lanzamiento de la subestructura
Para el lanzamiento de la subestructura se utiliza un chalán de carga, un remolcador y un barco grúa, cada uno con una función específica.

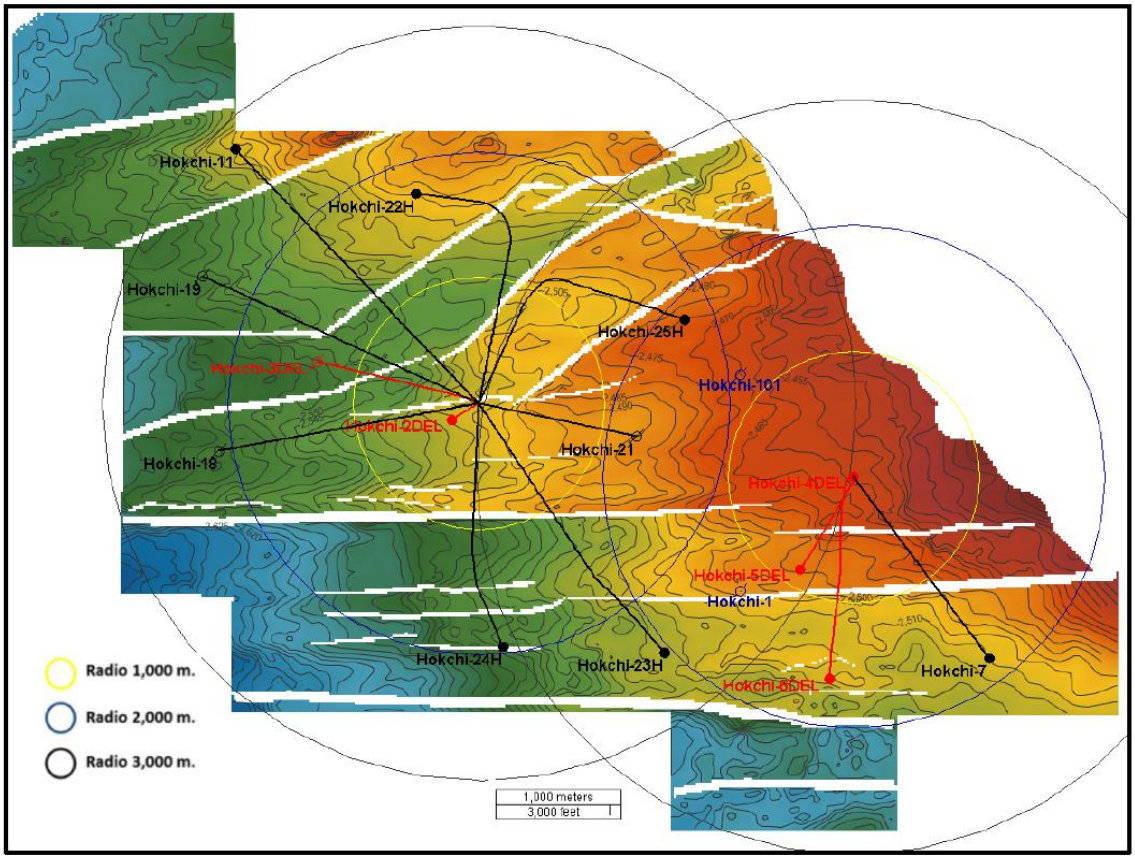


Figura II 8 Ubicación de los pozos a perforar

Dependiendo de las condiciones del viento, oleaje, corrientes, etc., se elige la forma de descargar la subestructura: Lanzamiento Directo o Izaje, las dos formas de lanzamiento implican operaciones complejas que requieren de sincronización entre el funcionamiento de barcos, equipos, personal, sistemas de flotación, anclado, etc.

La maniobra se inicia con la llegada del chalán de carga al lugar de colocación, el cual es anclado a una distancia de 450 m del barco grúa; a continuación se cortan las amarras, posteriormente con el cable del malacate del barco grúa se tira de la subestructura. La subestructura cae por su propio peso en un nivel superficial, gracias a que las patas o soportes se encuentran selladas herméticamente impidiendo el paso del agua.

Con el barco grúa se coloca en posición la subestructura, flotándola hasta el punto de localización definitivo. Una vez ubicada, se abren las válvulas para inundar cada pata y proceder con el hincado de pilotes.

Colocación e instalación de Subestructura

Para la colocación correcta del barco grúa se requiere el auxilio de otro barco con equipo de radio-posicionamiento, que verifica las coordenadas y lanza una boya de señalamiento, que se recupera cuando se instala la subestructura. El barco procede a lanzar sus 8 anclas para quedar fijo en la posición.

Pilotaje y cimentación
Los pilotes tienen un diámetro de 1.2 m o más de acuerdo con la ingeniería de detalle, con un espesor que varía de 3 cm. a 6.3 cm. de acuerdo con la posición del pilote, su longitud varía también de acuerdo con las características de la plataforma y las del lecho marino, alcanzando profundidades de hasta 100 m.

Para la maniobra de piloteo se utilizan martillos de vapor con peso inferior a 130 Ton que va de 30,000 a 300,000 lb/ft de energía. La subestructura una vez alineada y nivelada en su posición, es cimentada por medio de martillos de vapor que golpean la parte superior del pilote hasta el enterramiento deseado.

Colocación de la superestructura
La superestructura es transportada en chalán al lugar de instalación, se coloca sobre la subestructura, colocada ésta se sueldan las juntas, se nivela la cubierta, finalmente se colocan las escaleras retractiles para acceso, las defensas de los atracaderos y demás accesorios.

Actividades de Construcción para los Pozos
Para los trabajos de perforación se utilizará un sistema rotatorio, usando tuberías que se cementarán para alojar estas tuberías de revestimiento, cada una de éstas se fija a las paredes del pozo mediante una lechada de cemento.

El material producto de la perforación se extrae hacia la superficie por medio de un flujo continuo de lodo bentonítico que se inyecta por el interior del tubo de perforación saliendo por las toberas de la barrena para regresar a la superficie arrastrando el material de corte.

El proceso de construcción de los pozos, Hokchi utilizará la metodología denominada “VCDER” (Visualización, Conceptualización, Definición, Ejecución y Revisión), la cual es ampliamente usada en operaciones alrededor del mundo; esta metodología permite llevar a cabo las labores de planeación e ingeniería de una manera progresiva y por etapas, a fin de capturar mejoras sucesivas a medida que se adquieren mayores certezas de los distintos frentes de trabajo del proyecto y hasta alcanzar las etapas finales de Ejecución y Revisión.

Todos los pozos propuestos a perforar se realizarán con una unidad auto-elevable (Jack-Up), la cual tendrá las elevaciones y puntos de referencia mostrados en la Figura II.9.

Las alturas en esta figura se tomaron basadas en las medidas de la plataforma auto-elevable (Jack-up) recientemente utilizada para la ejecución del Plan de Evaluación de Hokchi. Estas medidas se ajustarán de acuerdo a la plataforma auto-elevable seleccionada y a las dimensiones de las plataformas fijas a instalar en la locación Este y Oeste (sobre las cuales se posicionará el cantilever de la plataforma auto-elevable para perforar los pozos del Plan de Desarrollo).

Los pozos serán construidos iniciando la perforación con una barrena de 8 ½”, y posteriormente correr y cementar una tubería colgada de producción de 7”.

El diseño propuesto de los pozos de acuerdo a su tipo, A o B, son diseños que conceptualmente difieren por la instalación de una tubería de revestimiento corta colgada de 11 3/4” en la TR de 13 3/8”, lo cual optimiza el diseño y permite poder finalizar la perforación de la sección de 9 5/8” minimizando el riesgo de pérdidas de circulación por alto DEC (Densidad Equivalente de

Circulación), que corresponde al pozo tipo B. La instalación de la zapata de la TR corta de 9-5/8", en la lutita sello del reservorio, asegura el aislamiento hidráulico entre las formaciones con agua en 12-1/4" y el reservorio.

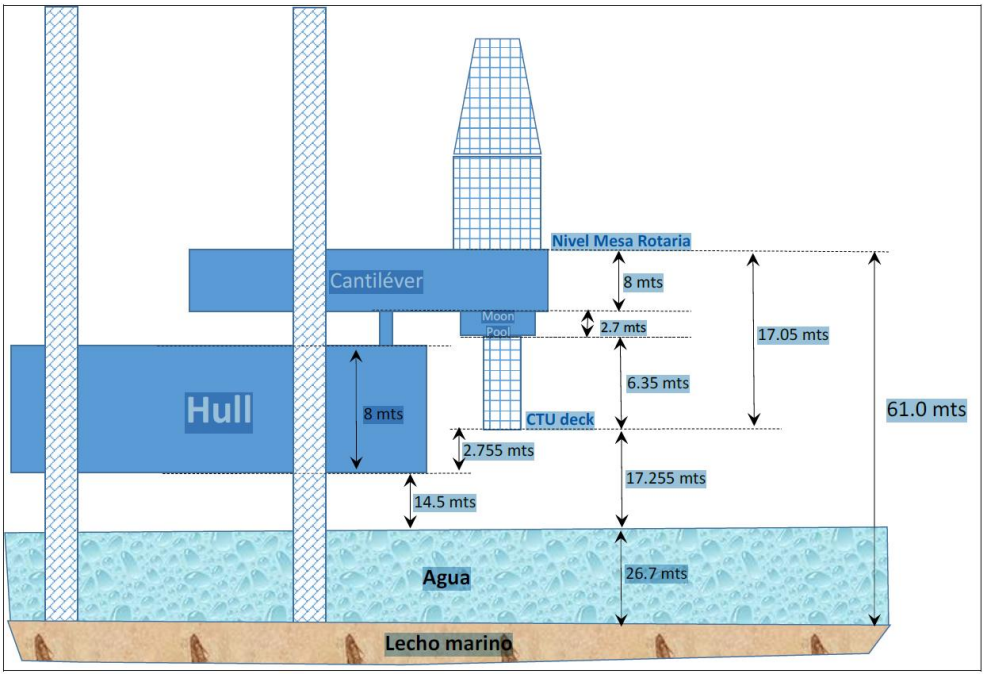


Figura II 9 Elevaciones y puntos de referencia para la perforación de los pozos

Con respecto a los lodos de perforación se contempla la utilización de un fluido base agua hasta la finalización de la etapa de tubería de revestimiento de 20" y a partir de este punto, se utilizará un fluido base aceite hasta la profundidad final variando las propiedades de lodo de perforación en función de las necesidades y las problemáticas a enfrentar.

Los recortes de perforación impregnados con lodos de perforación base agua serán recuperados en el equipo de control de sólidos de la plataforma de perforación y descargados en mar abierto abajo del nivel del agua. Se estima depositar 24,399 ton (considerando 2,706 ton por pozo aproximadamente).

Los lodos y demás productos obtenidos durante la perforación serán depositados en las presas metálicas portátiles con las que contará la plataforma auto elevable para su posterior tratamiento, y en su caso, disposición final en sitios específicos diseñados para tal fin y que cumplan con los requerimientos de la normatividad aplicable.

Ductos Marinos

Considerando los ductos y cables umbilicales el proyecto incluye siete ductos marinos los que se muestran en la Cuadro II.13, tres conectan a las plataformas marinas con el arribo costero, tres son de interconexión entre plataformas y dos que manejan el agua de mar y cuya longitud tan solo será de 1.0 km.

Estos ductos fueron diseñados en base a los siguientes códigos y estándares:

- ASME B31.8 “Gas Transmission and Distribution Piping Systems (Ch.VIII for offshore pipelines)”
- API-5L “Specification for Line Pipe”, API-RP-1111 “Design, Construction, Operation, and Maintenance of Offshore Hydrocarbon Pipelines (Limit State Design)”
- DNV-RP-F103 “Cathodic Protection of Submarine Pipelines By Galvanic Anodes”
- ISO 15589-2 “Petroleum, petrochemical and natural gas industries -- Cathodic protection of pipeline transportation systems -- Part 2: Offshore pipelines”

Cuadro II 13 Características de los ductos marinos incluidos en el proyecto

Servicio	De	A	Diámetro (pulgadas)	Longitud (km)	Material	Recubrimiento
Oleogasoducto principal	Plataforma Satélite	Arribo costero	14”	24.0	API 5L X52	FBE
Oleogasoducto de interconexión	Plataforma Central	Plataforma Satélite	12”	3.0	API 5L X52	FBE
Agua de inyección	Arribo costero	Plataforma Central	10”	26.0	API 5L X52	FBE
Agua de inyección de interconexión	Plataforma Central	Plataforma Satélite	4”	3.0	API 5L X52	FBE
Umbilical principal	Arribo costero	Plataforma Central	Calibre #2	26.0	Cobre y fibra óptica	Manguera y acero
Umbilical principal de interconexión	Plataforma Central	Plataforma Satélite	Calibre #1	3.0	Cobre y fibra óptica	Manguera y acero
Alimentación de agua de mar	Toma de agua de mar	Arribo costero	14”	1.0	Polietileno de alta densidad	No aplica

Oleogasoductos marinos

El proyecto incluye la instalación de dos oleogasoductos marinos uno de 14”Ø por 25.58 km de longitud que enviará la producción de las plataformas petroleras de la Plataforma Satélite a la costa y el otro de 12”Ø por 3.0 km de longitud que envía la producción de la Plataforma Central a la Plataforma Satélite, para finalmente ser enviada a la costa.

El diseño de los oleogasoductos consideró la selección de ruta, la protección anticorrosiva, el espesor de pared, la estabilidad del suelo marino, su protección catódica, así como también la perforación direccionada para el arribo costero, cruzamientos con ductos submarinos, ductos de subida (risers) y carretes de expansión.

Los oleogasoductos de este proyecto serán de material API 5L X52 e incluyen recubrimiento anticorrosivo FBE (Fusion Bonded Epoxy) y protección catódica de Al-Zn.

Ductos de agua de inyección

El proyecto incluye la instalación de dos ductos marinos de agua de inyección uno de 10”Ø y 26 km de longitud que va del arribo costero a la Plataforma Central y el otro de agua de inyección de interconexión de 4”Ø por 3.0 km de longitud y que va de la Plataforma Central a la Plataforma Satélite.

Estos ductos serán de material API 5L X52 y también tendrán su recubrimiento anticorrosivo FBE (Fusion Bonded Epoxy), así como su protección catódica a base de Al-Zn.

Umbilicales
Estos ductos o cables submarinos que generalmente proporcionan el control, la energía (eléctrica, hidráulica) y los productos químicos necesarios para las instalaciones petroleras marinas, también son instalados sobre el lecho marino y en el proyecto estarán destinados a los servicios de transporte de energía eléctrica y de telecomunicaciones.

El proyecto incluye la instalación de dos umbilicales submarinos uno de calibre #2 y 26 Km de longitud que va del arribo costero hasta la Plataforma Central y el otro de calibre #1 con tres kilómetros de longitud que va de la Plataforma Central a la Plataforma Satélite.

Cabe mencionar que los umbilicales para control incluyen fibra óptica, para la transmisión de señales de control de las instalaciones de las Plataformas y a través de él se enviarán datos utilizados para la supervisión de las operaciones, así como órdenes para modificar el régimen de funcionamiento de las instalaciones, incluidos lo correspondiente a los sistemas de seguridad.

Ductos de agua de mar
El proyecto incluye un ducto marino que manejará agua de mar será a través de una toma abierta mediante un ducto 14”Ø y 1.0 km de longitud que tiene como punto final el área de arribo costero de ductos de Hokchi.

Estos ductos serán de polietileno de alta densidad “HDPE” (High-Density Polyethlene) y no requieren de algún recubrimiento anticorrosivo ni protección catódica.

Actividades de Construcción para los Ductos Marinos
Para la definición de las rutas de los ductos marinos este proyecto evitó las zonas que sean ambientalmente sensibles y / o prohibidas por el gobierno, y minimizó el número de cruces con ductos existentes.

Para la construcción de los ductos submarinos se aplicará el sistema “Lay Barge”, el cual utiliza una barcaza o plataforma móvil en la que se suelda la tubería antes de tenderla sobre el lecho marino.

Cada tramo de ducto cuya longitud es de 12 metros y para su protección tanto mecánica como anticorrosiva, llevan un revestimiento tricapa: una de resinas epoxídicas (contra la corrosión), otra de material adhesivo (para fijar el revestimiento) y una tercera de polipropileno (para proteger al tubo de golpes y rozaduras).

Una vez sobre la barcaza, los tubos son colocados en la parte central de la misma y elevados a la torre de soldadura, donde se procede a su unión mediante arco eléctrico. Asimismo se comprueban una a una las soldaduras mediante técnicas denominadas no destructivas.

Durante esta operación es necesario revestir las juntas. Se cubren con dos capas, una de propileno y otra de epoxy, a fin de que toda la tubería, incluidas las soldaduras, quede protegida.

A medida que se van realizando las operaciones descritas anteriormente, la barcaza va tendiendo el tubo sobre el fondo del mar. La velocidad de avance es de unos tres kilómetros al día.

Los ductos se van enterrando para protegerlos del tráfico marítimo u otros factores externos, manteniendo siempre un espesor de cubierta de 1.0 metros. Una máquina dragadora va haciendo la zanja en la que se entierra el ducto.

Los ductos costa afuera incluidos en el proyecto que interconectan las plataformas Hokchi con la costa (oleogasoducto, inyección de agua y umbilical) se cruzarán con un ducto existente de terceros que parte de la plataforma satélite Xanab A y finaliza en la plataforma satélite Yaxche A, por lo que de acuerdo con la regulación aplicable, los ductos Hokchi serán enterrados con una cobertura de al menos 1 m de profundidad. El tipo de cruce que será utilizado en el proyecto es el "descenso reducido", que se muestra en la Figura II.10.

El cruce "descenso reducido", se basa en la disminución intencional sobre una longitud de transición para proporcionar la profundidad total requerida en la ubicación del cruce con lo cual se limitan las tensiones de la pared en la tubería existente a un nivel aceptable. El objetivo es alcanzar una cobertura mínima de 1 m para la nueva tubería y una separación adecuada entre lo nuevo y lo existente.

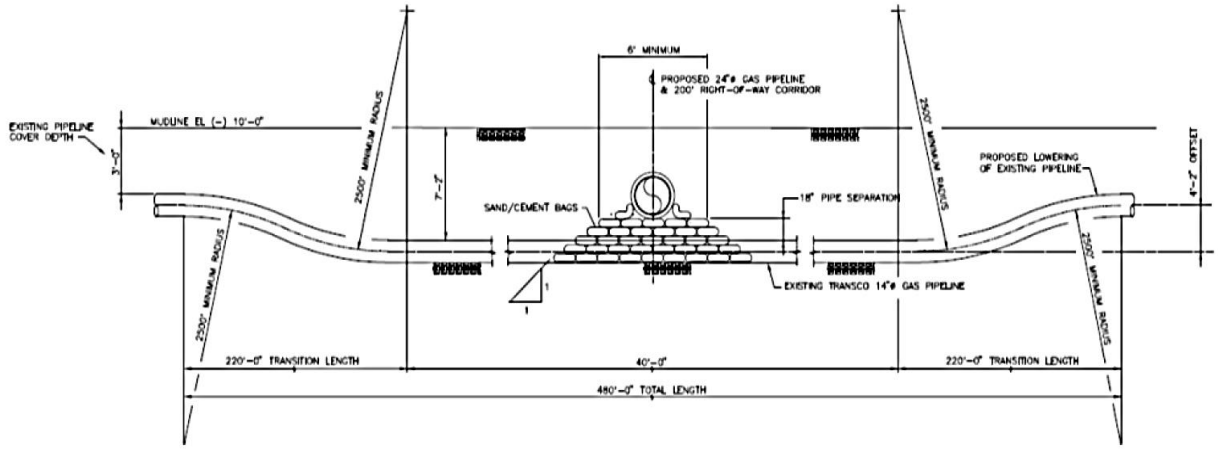


Figura II 10 Cruce "descenso reducido" de ductos marinos

Toma de agua de mar

La captación de agua de mar en este proyecto será mediante una toma abierta o toma directa localizada en mar abierto a 1.0 km de la costa y frente al arribo costero de Hokchi.

Esta toma dispondrá de rejillas para impedir que entren grandes sólidos al ducto de entrada de agua, se incluye una torre diseñada de forma tal, que las líneas de corriente de agua captada sean horizontales y de esta manera evitar la inmovilización y el arrastre de peces. La velocidad de aproximación será menor de 0.15 m/s, y el flujo laminar.

Desde la torre de toma saldrá el ducto submarino de entrada de agua de mar, construido en polietileno de alta densidad para evitar la corrosión. El agua llegará a un sistema de captación construido en hormigón, desde donde será bombeada hasta la planta.

Se instalarán dos bombas para alimentación de agua de mar, del tipo sumergibles, fabricadas en acero al carbón y operadas con motor eléctrico.

ARRIBO COSTERO DE LOS DUCTOS MARINOS

El arribo costero tanto para los ductos marinos que van hacia las plataformas marinas como para los que vienen de ellas será mediante la técnica de perforación horizontal direccional. Esta técnica de aproximación a tierra, tiene la ventaja de que introduce una interrupción mínima en las áreas ambientalmente sensibles y una mínima perturbación para terceros.

El punto de inicio de la perforación direccional iniciará en tierra dentro del predio de la Planta Hokchi Paraíso respetando los 20 metros de la Zona Federal Marítimo Terrestre y su punto de inicio o fin en el mar a una distancia de 700 a 1,200 metros de la costa.

Esta técnica consiste en la perforación de un orificio piloto inicial, para posteriormente continuar con la perforación lo cual que se realiza con un paquete de navegación de fondo, retransmitiendo la posición y profundidad al equipo de perforación.

El equipo de perforación cuenta con un taladro denominado escariador retráctil: el diámetro del orificio se amplía utilizando diferentes tipos de escariadores dependiendo de las condiciones del suelo.

La tubería es instalada cuando el orificio se abre a un diámetro adecuado y la tubería o el cable se colocan en su posición definitiva.

En la Figura II.11 se muestra una ilustración de la técnica de Perforación horizontal Direccional para Arribo Costero que será utilizado en este proyecto.

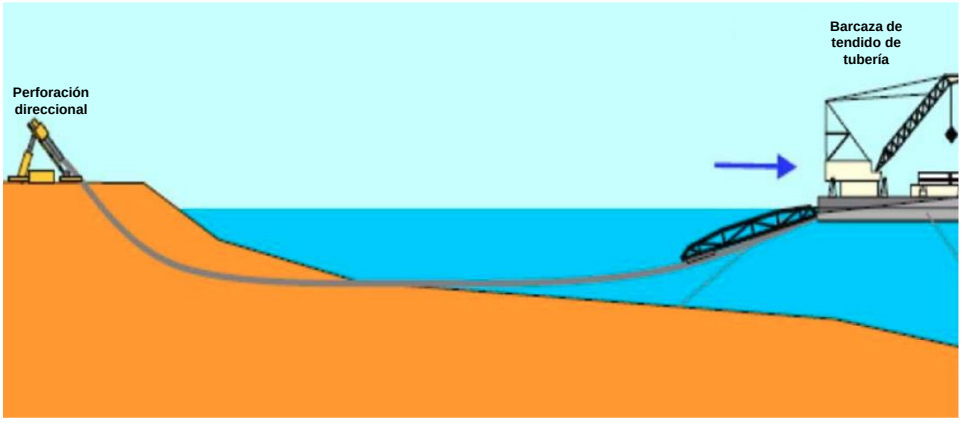


Figura II 11 Perforación horizontal direccional para Arribo Costero de ductos marinos

Instalaciones Terrestres

Las instalaciones terrestres que abarca este proyecto incluyen la Planta Hokchi Paraíso, la Estación de Medición, los ductos terrestres de la Planta Hokchi Paraíso a la Estación de Medición (oleoducto y gasoducto), lo que se describe a continuación.

Planta Hokchi Paraíso
Esta planta incluye los sistemas de: tratamiento de aceite, compresión y deshidratación de gas, tratamiento de agua congénita, tratamiento de agua de mar, inyección de agua y generación eléctrica.

Tratamiento de Aceite:
Este sistema cuyo objetivo es separar los tres componentes del crudo proveniente de las plataformas (aceite, gas y agua congénita) incluye un calentador de aceite, dos separadores trifásicos (producción y baja presión), dos tanques de almacenamiento de crudo atmosféricos del tipo API con capacidad para un día de producción, bombas de exportación de crudo y su paquete de medición, todos los equipos serán de acero al carbón y con capacidad para manejar 35,000 bpd.

Compresión y deshidratación de gas
Este sistema tiene por objeto el acondicionar el gas a las condiciones requeridas para su exportación y para su consumo interno en la generación de energía eléctrica total requerida por el proyecto en su etapa operativa.

El sistema incluye dos compresores, uno de ellos de dos etapas, un deshidratador y un paquete de medición.

Tratamiento de agua congénita
El agua producida (agua congénita) se alimenta a un paquete de tratamiento de aguas terciario para la eliminación de carga orgánica, el agua tratada se almacena en un tanque atmosférico para finalmente ser enviada al sistema de inyección de agua a los pozos, al inicio de la operación no se requiere la inyección de agua, por lo que el agua congénita producida será manejada con una empresa especializada para su tratamiento y/o disposición final.

Tratamiento de agua de mar
El agua de mar debe cumplir con ciertas especificaciones de calidad para su inyección a los campos petroleros para evitar el taponamiento e incrustamiento de los sistemas de inyección, el sistema de tratamiento que será integrado en este proyecto incluye una unidad de reducción de sulfato SRU (Sulphate Reduction Unit), también incluye un desaerador a vacío, filtros para ultrafinos, generador de hipoclorito de sodio, inyección de químicos y las bombas de inyección.

Estación de Medición
En esta estación se incluyen los sistemas de medición dinámica de volumen de los hidrocarburos líquidos y del gas y cuyo objetivo principal es la medición fiscal de los hidrocarburos. Los sistemas de medición determinarán volumen neto y calidad de hidrocarburo producido y que serán entregados a terceros, esta estación se construirá en un predio independiente de la Planta Hokchi Paraíso que estará ubicado aproximadamente 3.5 km de la planta.

El objetivo de esta instalación será contener los equipos y personal requeridos para la medición fiscal del gas y del aceite producido por la Planta Hokchi Paraíso. Esta instalación contará con: la propia unidad para medición de aceite, situada bajo techo, un puente de medición de gas también bajo techo, sala de operadores, laboratorio para análisis de muestras de gas y aceites, así como sus servicios auxiliares (desagües, drenajes, electricidad, trampas receptoras de diablos y sistemas de electricidad de emergencia (generador diesel). Asimismo incluye comunicación permanente mediante fibra óptica y radioenlace con la Planta Hokchi Paraíso.

Ductos terrestres

Los ductos terrestres incluidos en el proyecto, oleoducto y gasoducto, serán enterrados y se instalarán en derechos de vía existentes. El oleoducto de 14"Ø por 6 km de longitud y el gasoducto de 6"Ø por 6 km de longitud. Estos ductos enviarán la producción de la Planta Hokchi Paraíso a la Estación de Medición, en el Anexo 3, se incluyen sus coordenadas.

El oleoducto fue diseñado para 35,000 bpd, con una presión de 70 kg/cm^2 fabricado con material API 5L X52 e incluye recubrimiento anticorrosivo FBE (Fusion Bonded Epoxy) y protección catódica de Al-Zn.

El gasoducto fue diseñado para 13 MMSCFD a 87.7 kg/cm^2, fabricado con material API 5L X52 e incluye recubrimiento anticorrosivo FBE (Fusion Bonded Epoxy) y protección catódica de Al-Zn.

OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES DEL PROYECTO

Instalaciones Marinas

Con respecto a las actividades provisionales requeridas por el proyecto para las instalaciones marinas, estas se limitan a las de apoyo en el transporte de equipo y materiales desde la costa al sitio del proyecto, las cuales se realizan en embarcaciones como chalanes, remolcadores, barcos grúa y barcazas, así como el señalamiento y aislamiento de las áreas de trabajo.

Cabe mencionar que las barcazas cuentan con instalaciones consideradas dentro de la categoría de obras provisionales como son: talleres, almacenes, bodegas, dormitorios, sanitarios, energía eléctrica, etc.

Instalaciones Terrestres

En cuanto a la apertura o rehabilitación de caminos de acceso el proyecto considera utilizar los caminos de acceso ya existentes tanto para el ingreso al predio donde se instalará la Planta Hokchi Paraíso como para ingresar a los derechos de vía en donde se instalarán los ductos incluidos en el proyecto. En el caso excepcional de que sea imprescindible la apertura de nuevos caminos de acceso para llegar a las instalaciones, se cumplirá con lo establecido en la normatividad local aplicable.

En cuanto a las actividades consideradas como provisionales incluidas en la instalación de los ductos estarán limitadas a ser realizadas dentro de los propios derechos de vía existentes, en el caso excepcional de que sea imprescindible la utilización de alguna área adyacente se deberá cumplir estrictamente con lo establecido en la normatividad local aplicable.

Con respecto a la Planta Hokchi Paraíso**,** se contempla un almacén temporal para materiales y maquinaria que ocupará una superficie de 200 m^2, oficinas móviles (camper) y un área para sanitarios portátiles, estas instalaciones serán ubicadas dentro del predio del proyecto y serán retiradas al concluir la etapa de construcción

II.2.5 Operación y mantenimiento.

La etapa de operación de este proyecto se puede resumir a que la producción captada en dos plataformas marinas es entregada sin tratar en instalaciones terrestres propias, dónde se procesa para obtener la especificación comercial y finalmente es inyectada a ductos comerciales existentes de terceros.

La producción del campo Hokchi será captada en las dos plataformas marinas no tripuladas en donde se encuentran instalados los pozos inyectores y productores, los cabezales de producción y de prueba, así como los sistemas de servicios auxiliares, sistemas eléctricos y los sistemas de control de las instalaciones.

Al inicio de la operación los pozos producirán por presión natural, luego, en cada pozo se instalará una bomba electrocentrífuga como método de levantamiento artificial.

Todas las instalaciones alcance de este proyecto, tanto las marinas como las terrestres serán diseñadas y construidas para la capacidad total de producción del Área Hokchi (35,000 bls por día). Los pronósticos de producción fueron calculados a partir de simulaciones numéricas realizadas, en base en el modelado estático y dinámico realizado para el área.

En la Cuadro II.14 se indican los pronósticos de producción (aceite y gas), por pozo y a nivel global.

Cuadro II 14 Pronóstico de producción

	Campo	Pozo	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Producción de Aceite [bpd]	Hokchi	Hokchi-11	Pronóstico de Producción (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP																				
	Hokchi	Hokchi-22H																					
	Hokchi	Hokchi-23H																					
	Hokchi	Hokchi-2DEL																					
	Hokchi	Hokchi-3DEL																					
	Hokchi	Hokchi-4DEL																					
	Hokchi	Hokchi-5DEL																					
	Hokchi	Hokchi-6DEL																					
	Hokchi	Hokchi-7																					
	Hokchi	Hokchi-25H																					
		Total																					

	Campo	Pozo	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Producción de Gas [M scfd]	Hokchi	Hokchi-11	Pronóstico de Producción (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP																				
	Hokchi	Hokchi-22H																					
	Hokchi	Hokchi-23H																					
	Hokchi	Hokchi-2DEL																					
	Hokchi	Hokchi-3DEL																					
	Hokchi	Hokchi-4DEL																					
	Hokchi	Hokchi-5DEL																					
	Hokchi	Hokchi-6DEL																					
	Hokchi	Hokchi-7																					
	Hokchi	Hokchi-25H																					
		Total																					

Por otro lado los resultados de la etapa de Evaluación se concluyó que tanto el aceite como el gas provenientes de los pozos Hokchi presentan muy buena calidad, mostrando el aceite muy bajo contenido de agua y sedimentos (BWS <0.5% ASTM D 4007), sin H_2S, con un contenido de sal << 50lbs/100 bbl (ASTM-D 3230) y de compuestos azufrados menor al 3.5% (ASTM 4294), por lo tanto se concluyó que no sería conveniente mezclar este aceite con corrientes de aceites de terceros ya que esto implicaría desmejorar las muy buenas características presentadas por el aceite de Hokchi.

La producción desde la Plataforma Central se enviará a la Plataforma Satélite, a una distancia de aproximadamente 3 km. El petróleo, el gas y el agua separados se combinan y se transportan a la planta de procesamiento en tierra (distancia de 25.58 km) a través de un oleogasoducto.

La inyección de agua a la Plataforma Central se suministrará desde la planta de procesamiento en tierra a una distancia de aproximadamente 25.58 km, mientras que la futura inyección de agua en la Plataforma Satélite se suministrará desde la Plataforma Central a una distancia de aproximadamente 3 km.

La energía requerida en la plataforma satélite, se suministrará a través de un cable umbilical desde la planta en tierra a través de la plataforma central (es decir, desde la planta costa adentro a la plataforma central, luego desde la plataforma central a la plataforma satélite). La energía eléctrica será suficiente para hacer funcionar las bombas electrosumergibles de ambas plataformas. La comunicación de las plataformas y el control del proceso se realizarán mediante un cable de fibra óptica integrado en el cable umbilical de potencia.

En la planta de procesamiento en tierra se contará con una trampa de diablos, separador de producción, tratamiento de petróleo y desalinización, medición y tren de medición de petróleo, deshidratación de gas, compresión y medición de gas, tratamiento de agua producida, tratamiento de inyección de agua de mar y sistema de inyección, así como sus servicios auxiliares, los que incluyen la generación de energía eléctrica.

El agua producida tratada se combinará con la corriente de inyección de agua de mar y se enviará a la plataforma central.

Planta Hokchi Paraíso

Estas instalaciones reciben el crudo 35,000 bpd de crudo o 45,000 bpd de producción bruta a una presión de 8.6 Kg/cm^2 y a una temperatura aproximada de 21 ^{o}C proveniente de la plataforma satélite, para ser alimentado a los trenes de calentamiento de entrada en donde se calienta hasta 45 ^{o}C y este crudo es alimentado a los dos trenes de separación de producción.

En los separadores de producción se obtienen 18,284 bpd de líquido a 7.0 Kg/cm^2 y 44.7 ^{o}C, 5.91 MMSCFD de gas y 5,236 bpd de agua congénita en cada uno de los separadores.

El líquido se envía a un tratamiento electrostático, que consiste en un separador de dos fases que utiliza un campo electrostático para quitar el agua y las sales del crudo, permitiendo un transporte económico para su procesamiento aguas abajo.

Después del tratamiento electrostático el crudo es enviado a almacenamiento al tanque de almacenamiento de 35,000 bls, para finalmente ser bombeado hacia la estación de medición y finalmente interconectado en ductos existentes de terceros.

Por otro lado el gas separado es comprimido y enviado a un sistema deshidratador, para posteriormente ser enviado a la estación de medición, para finalmente conectarlo a un gasoducto existente de terceros.

El agua congénita producida es enviada a un sistema de tratamiento de flotación inducida por gas.

La tecnología de flotación inducida por gas es un proceso de tratamiento de agua que clarifica las aguas mediante la eliminación de materia en suspensión como el petróleo. La eliminación se logra inyectando burbujas de gas en el agua en un tanque de flotación. Las pequeñas burbujas se adhieren a la materia suspendida haciendo que la materia suspendida flote a la superficie del agua donde luego puede ser removida por un dispositivo de desnatado.

El agua congénita una vez tratada se une con el agua de mar tratada para ser enviada a las plataformas marinas como agua de inyección.

Cabe mencionar que el agua congénita obtenida en los Trenes de Separación y en el Sistema de Deshidratación y Estabilizado de Aceite, durante el tiempo que no sea necesario la inyección de agua al campo, será conducida al Sistema de Tratamiento de Agua Congénita donde se recuperará el poco aceite que pudiera tener disuelto, posteriormente se dispondrá su manejo por medio de la subcontratación de una empresa especializada para su tratamiento y/o disposición final.

Por otro lado el agua de mar se recibe en un sistema de tratamiento con capacidad de 45,000 bpd, en este sistema se eliminan las sales disueltas, este sistema incluye una purga de concentrado que es enviada para su descarga al mar.

Estación de medición

La estación de medición Hokchi se construirá en un predio independiente de la Planta Hokchi Paraíso que estará ubicado aproximadamente 3.5 km de la planta.

El objetivo principal de esta instalación será contener los equipos y personal requeridos para la medición fiscal del gas como del aceite producido. Esta instalación contará con:

- Unidad para medición de aceite, situada bajo techo.
- Puente de medición de gas, situado bajo techo.
- Sala de operadores.
- Laboratorio para extracción de muestras de gas y aceites.
- Sistemas auxiliares (desagües, drenajes, electricidad).
- Trampas receptoras de diablos.
- Sistemas de electricidad de emergencia (generador diesel).

Esta estación de medición tendrá comunicación permanente mediante fibra óptica y radioenlace con la Planta Hokchi Paraíso.

En esta estación se incluyen los sistemas de medición dinámica de volumen de los hidrocarburos líquidos y del gas y cuyo objetivo principal es la medición fiscal de los hidrocarburos. Los sistemas de medición determinarán volumen neto y calidad de hidrocarburo producido y que serán entregados a terceros.

El sistema de medición de hidrocarburos líquidos cumplirá con los estándares internacionales aplicables para este tipo de sistemas e incluirá:

- Medidor/es de caudal (Se preverá contar una rama de reserva totalmente equipada con medidor y accesorios, idénticos a las ramas operativas) del tipo coriolis.
- Unidad de prueba fija.
- Unidad de rechazo por medición de contenido de agua en exceso.
- Unidad toma de muestras en línea.
- Filtro/s con respectivos switches de presión diferencial.
- Computador de caudal.
- Desaireador/es incorporados al filtro o independientes.
- Instrumentos de temperatura y presión (transmisores e indicadores locales) para compensación.
- Válvulas de doble sello y purga para el corte y desvío hacia y desde el probador, válvula diverter, válvulas de retención y válvulas de corte de cierre rápido entre otros.

El sistema de medición de hidrocarburos gaseosos netos o estación de medición fiscal tiene por objetivo, el contar con un sistema de medición fiscal de hidrocarburos gaseosos asegurando metrológicamente la determinación de caudales, volúmenes, energía y calidad de hidrocarburo gaseoso producido y acondicionado previo a su entrega a terceros.

El diseño, operación y provisión de la Estación de Medición Fiscal de Gas cumplirá con las normas mexicanas y estándares internacionales aplicables. Los instrumentos, equipos y servicios incluirán:

- Medidor/es de caudal, de tecnología ultrasónica.
- Tramos rectos de medición.
- Dispositivo enderezador de vena para acondicionar flujo.
- Sistema de toma de muestras en línea.
- Cromatógrafo en línea.
- Controlador de cromatógrafo.
- Analizador en línea de punto de rocío de agua.
- Instrumentos de temperatura y presión (transmisores e indicadores locales).
- Computador de caudal para compensación con totalización.
- Válvulas manuales de bloqueo y purga, válvulas de retención.
- Licencias de software para configuración, diagnóstico y reporte.
- Servicios de calibración, prueba y verificación, de todos los equipos de la Estación.
- Manuales y documentación de ingeniería, entre otros.

Mantenimiento

Las instalaciones marinas y terrestres dentro del alcance de este proyecto contarán con un programa de mantenimiento, para las instalaciones marinas que incluyen tanto las instalaciones sobre el nivel del mar como las submarinas. Este programa será elaborado anualmente.

El programa de mantenimiento integrará las recomendaciones proporcionadas por los mismos proveedores de los sistemas y equipos que conforman las instalaciones. Así como en la verificación del estado físico de las instalaciones que se realizan mediante inspecciones de riesgo, auditorias de seguridad, calibración de espesores y pruebas no destructivas.

EQUIPOS PRINCIPALES Y AUXILIARES

Instalaciones Marinas

Los equipos principales y auxiliares marinos del proyecto se encontrarán ubicados en las dos plataformas marinas la satélite y la central. En el Cuadro II.15 se indican los equipos principales y auxiliares que se pretenden instalar en las instalaciones marinas.

Cuadro II 15 Equipos principales y auxiliares de las instalaciones marinas

TAG	Producto	Capacidad operación	Condiciones de operación		Condiciones de diseño		Dimensiones		Equipo	
			Presión kg/cm²	Temp °C	Presión kg/cm²	Temp °C	ID/W m	Altura m	Peso Ton	Material
PLATAFORMA SATELITE										
W-1001	Pozo de producción 1									
W-1002	Pozo de producción 2									
W-1003	Pozo de producción 3									
W-1004	Pozo de producción 4									
W-1011	Pozo de inyección de agua 1									
W-1012	Pozo de inyección de agua 2									
Z-1010	Panel de control de pozos									
P-1001	ESP Sistema de 4 bombas de producción de pozos									
MAP-1010	Manifold de producción									
M-1001	HSP Medidor multifásico de producción									
MAP-1020	Manifold de pruebas									
M-1002	Medidor multifásico de prueba									
MIA-1030	Manifold inyección agua									
V-1001	Trampa de diablos de envío de producción multifasica									
V-1002	Trampa de diablos de prueba									
V-1003	HPC Trampa de diablos de recibo									
V-1004	Trampa de diablos de recibo de inyeccion temporal de agua									
V-1005	Separador de prueba (futuro)									
Sistema 15 Inyección de químicos										
Z-1501	Paquete de inyección de químicos Incluye almacenamiento, bombas de inyección (tres productos químicos y un repuesto)									
Sistema 18 Servicios										
T-1801	Tanque de drenajes abiertos									
P-1801A	Bomba de drenajes recuperado a reproceso									
P-1801B	Bomba de drenajes recuperado a reproceso									
V-1802	Colector de drenajes abiertos									
P-1802	Bomba sumergible de drenajes abiertos									
V-1805	Tambor para drenajes abiertos									
P-1805A	Bomba drenaje cerrado									
P-1805B	Bomba drenaje cerrado									
X-1801	Generador de energía									
X-1802	Distribución de energía									

Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

TAG	Producto	Capacidad operación	Condiciones de operación		Condiciones de diseño		Dimensiones		Equipo	
			Presión kg/cm²	Temp °C	Presión kg/cm²	Temp °C	ID/W m	Altura m	Peso Ton	Material
T-1804	Tanque de diesel									
Z-1804	Paquete de transferencia de diesel									
F-1803A	Filtro diesel									
F-1803B	Filtro diesel									
P-1804A	Bomba transferecia diesel									
P-1804B	Bomba transferecia diesel									
F-1804A	Filtro transferencia diesel									
F-1804B	Filtro transferencia diesel									
Z-1810	Unidad de potencia hidráulica HPU									
Z-2102	Grúa									
	Equipo de extinción de incendios (Polvos químicos secos, monitores, espuma y patines de diluvio)									
	Botes salvavidas									
	Equipos salvavidas									
	Control y telecomunicaciones									
PLATAFORMA CENTRAL										
Sistema 11 Manifold y pozos										
W-1101	Pozo de producción 1									
W-1102	Pozo de producción 2									
W-1103	Pozo de producción 3									
W-1104	Pozo de producción 4									
W-1105	Pozo de producción 5									
W-1106	Pozo de producción 6									
W-1107	Pozo de producción 7									
W-1111	Pozo de inyección de agua 1									
W-1112	Pozo de inyección de agua 2									
W-1113	Pozo de inyección de agua 3									
W-1114	Pozo de inyección de agua 4									
W-1115	Pozo de inyección de agua 5									
Z-1110	Panel control de pozos									
P-1101	ESP 7 Bombas (uno por cada pozo de producción)									
MAP-1110	Manifold de producción									
MAP-1120	Manifold prueba									
V-1103	Separador de prueba									
MIA-1130	Manifold inyección agua									
V-1102	Trampa de diablos de recibo de prueba									
V-1103	HCP Trampa de diablos de envio de producción									
V-1104	Trampa de diablos de recibo de inyección de agua temporal									
Sistema 16 Inyección de químicos										
Z-1601	Paquete de inyección química Incluye el almacenamiento, bombas de inyección (tres productos									

Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

TAG	Producto	Capacidad operación	Condiciones de operación		Condiciones de diseño		Dimensiones		Equipo	
			Presión kg/cm²	Temp °C	Presión kg/cm²	Temp °C	ID/W m	Altura m	Peso Ton	Material
	químicos y un repuesto)	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
X-1701	Torre de quemador 4,7 kW/m² y tubería de 8"	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
V-1701	Tanque cachador horizontal con 5 min de captación y tamaño de gota de 300 micras									
Z-1702	Paquete de encendido quemador									
Z-1703	Boquilla de quemador									
T-1901	Tanque de drenajes abiertos	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
P-1901A	Bomba de drenajes recuperado a reproceso									
P-1901B	Bomba de drenajes recuperado a reproceso									
V-1902	Colector de drenajes									
P-1902	Bomba sumergible de drenajes abiertos									
V-1905	Tanque de drenajes cerrados									
P-1905A	Bomba de drenaje cerrado recuperado para procesar									
P-1905B	Bomba de drenaje cerrado recuperado para procesar									
X-1901	Generador de energia									
X-1902	Distribución de energia									
T-1904	Tanque diesel									
Z-1904	Paquete transferencia diesel									
F-1903A	Filtro diesel									
F-1903B	Filtro diesel									
P-1904A	Bomba transferencia diesel									
P-1904B	Bomba transferencia diesel									
F-1904A	Filtro transferencia diesel									
F-1904B	Filtro transferencia diesel									
Z-1910	Unidad Hidraulica de potencia HPU									
Z-2001	Grua									
	Equipo de sistema contraincendio (polvo quimico seco, monitores espuma y patines de diluvio)									
	Botes salvavidas									
	Equipos salvavidas									
	Control y telecomunicaciones									

Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

Instalaciones Terrestres

Los equipos principales y auxiliares correspondientes a las instalaciones terrestres se instalarán en la Planta Hokchi Paraíso, los cuales conforman los sistemas de tratamiento de aceite, compresión y deshidratación de gas, tratamiento de agua congénita, tratamiento e inyección de agua de mar y generación eléctrica. En el Cuadro II.16 se indican estos equipos.

Cuadro II 16 Equipos principales y auxiliares de las instalaciones terrestres

TAG	Producto	Capacidad operación	Cond operación		Cond diseño		Dimensiones		Equipo	
			Presión kg/cm²	Temp °C	Presión kg/cm²	Temp °C	ID/W m	Altura m	Peso Ton	Material
Sistema 20 Recepción										
V-2001	Trampa de diablos de recibo de multifase	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
V-2002	Tanque cachador									
E-2111	Tren 1 intercambiador de calor de crudo de entrada (futuro)	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
E-2121	Tren 2 intercambiadotr de calor de crudo de entrada (futuro)									
P-2112A	Tren 1 bomba de aceite									
P-2112B	Tren 1 bomba de aceite									
P-2122A	Tren 2 bomba de aceite									
P-2122B	Tren 2 bomba de aceite									
V-2111	Tren 1 tambor de agua									
V-2112	Tren 1 tambor de aceite									
V-2121	Tren 2 tambor de agua									
V-2122	Tren 2 tambor de aceite									
Sistema 22 Separador/ Tratador electrostático										
E-2211	Tren 1 Intercambiador de calor crudo húmedo/seco	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
E-2212	Tren1 Calentador de crudo									
E-2221	Tren 2 Intercambiador de calor crudo húmedo/seco									
E-2222	Tren 2 Calentador de crudo									
V-2211	Tren 1 Separador									

TAG	Producto	Capacidad operación	Cond operación		Cond diseño		Dimensiones		Equipo	
			Presión kg/cm²	Temp °C	Presión kg/cm²	Temp °C	ID/W m	Altura m	Peso Ton	Material
V-2212	Tren 1 Tratador elecrostatico	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
V-2221	Tren 2 Separador									
V-2222	Tren 2 Tratador elecrostatico									
P-2211A	Tren 1 Bomba de transferencia de crudo									
P-2211B	Tren 1 Bomba de transferencia de crudo									
P-2221A	Tren 2 Bomba de transferencia de crudo									
P-2221B	Tren 2 Bomba de transferencia de crudo									
Z-2211	Tren 1 Sistema de desaladora (futuro)									
Z-2221	Tren 1 Sistema de desaladora (futuro)									
Sistema 23 Compresión de gas de VRU										
E-2311	Tren 1 VRU Enfriador 1st	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
E-2312	Tren 1 VRU Enfriador 2st									
E-2321	Tren 2 VRU Enfriador 1st									
E-2322	Tren 2 VRU Enfriador 2st									
E-2331	Tren 3 VRU Enfriador 1st									
E-2332	Tren 3 VRU Enfriador 2st									
K-2311	Tren 1 VRU primera etapa									
K-2321	Tren 2 VRU primera etapa									
K-2331	Tren 3 VRU primera etapa									
K-2312	Tren 1 VRU segunda etapa									
K-2322	Tren 2 VRU segunda etapa									
K-2332	Tren 3 VRU segunda etapa									
V-2311	Tren 1 VRU Succión del depurador 1st									
V-2321	Tren 2 VRU Succión del depurador 1st									
V-2331	Tren 3 VRU Succión del depurador 1st									
V-2312	Tren 1 VRU Succión del depurador 2st									
V-2322	Tren 2 VRU Succión del depurador 2st									
V-2332	Tren 3 VRU Succión del depurador 2st									
E-2411	Tren 1 Enfriador principal de descarga del compresor	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
E-2421	Tren 2 Enfriador principal de descarga del compresor									
E-2431	Tren 3 Enfriador principal de descarga del compresor									
K-2411	Tren 1 Compresor principal									
K-2421	Tren 2 Compresor principal									
K-2431	Tren 3 Compresor principal									
V-2411	Tren 1 Succión del compresor principal									

TAG	Producto	Capacidad operación	Cond operación		Cond diseño		Dimensiones		Equipo	
			Presión kg/cm²	Temp °C	Presión kg/cm²	Temp °C	ID/W m	Altura m	Peso Ton	Material
V-2421	Tren 2 Succión del compresor principal	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
V-2431	Tren 3 Succión del compresor principal									
T-2611	Tren 1 Tanque de crudo estabilizado	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
T-2621	Tren 2 Tanque de crudo estabilizado									
P-2601A	Bomba de exportación de crudo									
P-2601B	Bomba de exportación de crudo									
P-2601C	Bomba de exportación de crudo									
M-2601	Sistema de medición de crudo									
V-2601	Trampa de diablos de envio de oleoducto de exportación									
V-2602	Trampa de diablos de recibo de oleoducto de exportación									
	Sistema 30 Deshidratación de gas									
F-3001	Filtro separador de deshidratación	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
V-3001	Contactor de glicol									
E-3001	Intercambiador de calor gas/glicol									
Z-3001	Paquete de regeneración	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
	Sistema 31 Medición de gas de exportación									
V-3101	Trampa de diablos de envío de gas de exportación	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
V-3102	Trampa de diablos de recibo de gas de exportación									
M-3101	Sistema de medición de gas de exportación									
Z-3201	Paquete de tratamiento de agua producida	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
V-3202A	Hidrociclon									
V-3202B	Hidrociclon									
V-3202C	Hidrociclon									
V-3201	Separador vertical por flotación de gas									
P-3201A	Bomba de transferencia de agua									
P–3201B	Bomba de transferencia de agua									
P-3203A	Bomba de tanque de agua									
P-3203B	Bomba de tanque de agua									
P-3211A	Tren 1 Bomba de agua de separación									
P-3211B	Tren 1 Bomba de agua de separación									
P-3212A	Tren 1 Bomba de agua de tratamiento electrostático									
P-3212B	Tren 1 Bomba de agua de tratamiento electrostático									
P-3221A	Tren 2 Bomba de agua de separación									
P-3221B	Tren 2 Bomba de agua de separación									
P-3222A	Tren 2 Bomba de agua de tratamiento electrostático									

TAG	Producto	Capacidad operación	Cond operación		Cond diseño		Dimensiones		Equipo	
			Presión kg/cm²	Temp °C	Presión kg/cm²	Temp °C	ID/W m	Altura m	Peso Ton	Material
P-3222B	Tren 2 Bomba de agua de tratamiento electrostático	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
T-3201	Tanque de almacenamiento de agua producida techo fijo									
T-3202	Tanque de almacenamiento de agua producida techo fijo (futuro)									
T-3203	Tanque de agua producida									
Sistema 40 Gas combustible										
V-4001	Separador vertical de gas combustible	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
HE-4001A	Calentador de gas combustible									
HE-4001B	Calentador de gas combustible									
Sistema 45 Inyección de químicos										
Z-4501	Paquete de inyección de químicos	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
Sistema 85 Tratamiento e inyección de agua de mar										
Z-8501	Paquete generador de hipoclorito de sodio	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
F-8501A	Filtro A agua de mar									
F-8501B	Filtro B agua de mar									
F-8501C	Filtro C agua de mar									
P-8501A	Bomba sumergible de agua de mar									
P-8501B	Bomba sumergible de agua de mar									
P-8502A	Bomba de inyección de agua									
P-8502B	bomba de inyección de agua									
P-8503A	Bomba de inyección de agua									
P-8503B	Bomba de inyección de agua									
P-8503C	Bomba de inyección de agua									
Z-8502	Paquete SRU									
Sistema 90 Alimentación principal										
X-9001A	Generador de potencia	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
X-9001B	Generador de potencia									
X-9001C	Generador de potencia									
X-9002	Distribuidor de potencia (transformadores, interruptores, UPS baterías, etc)									
X-9003	Generador de energia de emergencia (motor diesel y tanque de almacenamiento)									
P-9601A	Bomba de diesel	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
P-9601B	Bomba de diesel									
F-9601A	Filtro A de diesel									
F-9601B	Filtro B de diesel									
T-9601	Tanque almacenamiento diesel									

TAG	Producto	Capacidad operación	Cond operación		Cond diseño		Dimensiones		Equipo	
			Presión kg/cm²	Temp °C	Presión kg/cm²	Temp °C	ID/W m	Altura m	Peso Ton	Material
P-9602A	Bomba distribución diesel	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
P-9602B	Bomba distribución diesel									
F-9602A	Filtro coalescedor de diesel									
F-9602B	Filtro coalescedor de diesel									
Z-9701A	Unidad A Recuperación de calor residual	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
Z-9701B	Unidad B Recuperación de calor residual									
Z-9701C	Unidad C Recuperación de calor residual									
V-9701	Tambor del sistema de recuperación de calor									
P-9701A	Bomba de circulación de calor A									
P-9701B	Bomba de circulación de calor B									
F- 9701	Filtro del sistema de circulación de calor									

Adicionalmente también en la Planta Hokchi Paraíso se instalarán los equipos que proporcionarán los servicios auxiliares a todas las instalaciones del proyecto. En el Cuadro II.17 se indican estos equipos.

Cuadro II 17 Equipos considerados como parte integral de los servicios auxiliares

TAG	Producto	Capacidad operación	Cond operación		Cond diseño		Dimensiones		Equipo	
			Presión kg/cm²	Temp °C	Presión kg/cm²	Temp °C	ID/W m	Altura m	Peso Ton	Material
Sistema 35 Quemador										
X-3501	Torre quemador 4,7 kW/m² y 8"	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
V-3501	Tanque cachador horizontal Tamaño gota 450 micras									
P-3501A	Bomba centrifuga del tanque cachador									
P-3501B	Bomba centrifuga del tanque cachador									
V-3502	Tanque cachador LP									
P-3502A	Bomba centrifuga									
P–3502B	Bomba centrifuga									
Sistema 50 Agua dulce										
T-5002	Tanque de agua cruda	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
P-5002A	Bomba distribución agua cruda									
P-5002B	Bomba distribución agua cruda									
Z-5001	Paquete de tratamiento de agua potable									
P-5001A	Bomba de agua potable									
P-5001B	Bomba de agua potable									

TAG	Producto	Capacidad operación	Cond operación		Cond diseño		Dimensiones		Equipo	
			Presión kg/cm²	Temp °C	Presión kg/cm²	Temp °C	ID/W m	Altura m	Peso Ton	Material
T-5001	Acumulador de agua potable	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
X-5002	Paquete de tratamiento de luz ultravioleta									
Z-5501	Paquete de tratamiento sanitario	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
Z-5502	Paquete de tratamiento de aguas residuales sanitarias									
T-6001	Sistema de retención de drenajes abiertos	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
P-6001A	Bomba sumergible de drenajes de aguas residuales									
P–6001B	Bomba del tanque de retención									
V-6501	Tambor de purgados cerrado	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
P-6501A	Bomba de drenajes para recuperado a proceso									
P–6501B	Bomba de drenajes para recuperado a proceso									
T-6501	Tanque de crudo fuera de especificación									
P-6502A	Bomba de recirculación de crudo									
P-6502B	Bomba de recirculación de crudo									
HE-6501	Calentador de aceite									
T-7001	Tanque agua contraincendio para 8 horas	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
P-7001A	Bomba de agua contra incendios motor electrico									
P–7001B	Bomba de agua contra incendios motor diesel									
P-7002A	Bomba electrica presurizadora de agua contra incendios sumergible									
P-7002B	Bomba electrica presurizadora de agua contra incendios sumergible									
X-7001	Equipos de extinción de incendios incluye monitores, espuma , patines de diluvio									
Sistema 75 Aire comprimido										
K-7501A	Compresor aire	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
K-7501B	Compresor aire									
K-7501C	Compresor aire									
X-7501	Paquete de secador de aire									
V-7501	Equipo receptor de aire (30 min de retención)									
V-7502	Receptor de aire húmedo									
Sistema 80 Generación de nitrógeno										
Z-8001	Equipo de generación de nitrógeno	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
V-8001	Depósito de nitrógeno									
	Edificio de mantenimiento	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								
	Control y telecomunicaciones									
	Sala de equipos locales									

TAG	Producto	Capacidad operación	Cond operación		Cond diseño		Dimensiones		Equipo	
			Presión kg/cm²	Temp °C	Presión kg/cm²	Temp °C	ID/W m	Altura m	Peso Ton	Material
	Cuarto eléctrico	Diseño y condiciones de equipos (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP								

II.2.6 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones.

Las instalaciones dentro del alcance de este proyecto serán diseñadas y construidas para un tiempo mínimo de vida útil de 25 años, sin embargo pudiendo ser que por razones de estrategia productiva, económica o alguna otra se decida detener los procesos productivos antes de alcanzar el tiempo de vida útil.

Cuando por alguna razón, ya sea al término de su vida útil o alguna otra, se tome la decisión de sacar de operación las instalaciones y su posterior desmantelamiento, se desarrollará un programa específico para la ejecución de las actividades.

La recuperación y disposición de la infraestructura marina perteneciente a Hokchi, requiere el realizar estos trabajos en cumpliendo estrictamente con las medidas que en materia de seguridad y de protección ambiental que rigen en territorio mexicano, así como su integración a la normatividad internacional existente. Siendo esta la premisa, es importante que los lineamientos tengan como sustento el marco normativo establecido al respecto, por las instituciones y/o dependencias gubernamentales involucradas en el ámbito de su competencia.

Planeación de Actividades

Para llevar a cabo la recuperación de las instalaciones tanto marinas como terrestres dentro del alcance de este proyecto se deberá realizar una planeación detallada de actividades de manera anticipada a la ejecución de los trabajos y debe considerar como mínimo un programa de ejecución, la utilización de embarcaciones para instalaciones marinas, la ingeniería de recuperación, obtención de permisos, contrato de asignación, de ser el caso y la selección del sitio de depósito.

El programa de ejecución del proyecto deberá contener una descripción detallada de todas las actividades necesarias para llevar a cabo la recuperación y disposición de la infraestructura, a través de un programa que indique los periodos de ejecución.

Para el caso de las instalaciones marinas el programa de utilización de embarcaciones deberá contar con un programa detallado que muestre la forma en que se utilizarán todas las embarcaciones con las que se realizarán las maniobras de recuperación y disposición de la infraestructura: barco grúa con capacidad para mover las estructuras a ser recuperadas, la barcaza de carga, con capacidad y dimensiones para transporte de las estructuras, y remolcadores de apoyo.

Ingeniería de recuperación, en esta actividad se debe obtener la ingeniería necesaria para la recuperación basada en levantamientos tanto para las instalaciones costa afuera como para las de costa adentro y un procedimiento detallado de actividades, con el propósito de incrementar la seguridad de las maniobras.

Para instalaciones marinas debe incluir los análisis estructurales para izaje, carga a la barcaza, transportación y descarga en el sitio de depósito, ingeniería de refuerzo, en caso de ser necesario, dibujos estructurales para izaje, para posicionamiento sobre de la barcaza de carga y para la

colocación del sistema de amarre, revisión de orejas de izaje, detalle de flotadores, en caso de requerirse para la recuperación de la subestructura. Los levantamientos costa afuera verificarán el diseño y cualquier modificación posterior

Se realizará la inspección necesaria para obtener las propiedades geométricas y mecánicas de los elementos estructurales, daños mecánicos (abolladuras, pandeos y deformaciones), corrosión y espesores de crecimiento marino. También se verificarán las áreas de las cubiertas para detectar cualquier modificación, adición o reubicación de equipos y el estado de las orejas de izaje con la finalidad de garantizar que la ingeniería de recuperación refleje el estado actual de las instalaciones.

La obtención de los permisos para recuperación y disposición, lo que consiste en la realización de todos los trámites ante las dependencias correspondientes y obtener las autorizaciones necesarias para poder llevar a cabo los trabajos de recuperación y disposición final de las instalaciones.

El contrato de asignación de trabajos, considerando que los trabajos de recuperación podrían ser licitados, con la finalidad de encontrar a la contratista más capacitada, que ofrezca los mejores beneficios para Hokchi, en cuanto a calidad, costo y tiempo, principalmente.

Finalmente en la ubicación y características del sitio de depósito, se deberán de tener plenamente identificados el sitio o los sitios de disposición final, con los permisos correspondientes tramitados. Para las instalaciones marinas el sitio deberá contar con todo lo necesario para hacer el desembarque de la estructura como muelle con capacidad y espacio requerido para las maniobras de la barcaza y de sus remolcadores, patio con los equipos necesarios para poder realizar el desembarque de la estructura, vigas correderas en patio que resistan y transmitan adecuadamente las descargas de las estructuras.

Recuperación de una infraestructura marina

Una vez autorizada por la CNH, ésta consistirá en la desconexión de componentes principales en zona atmosférica y si es requerido también en submarina, conductores, equipos y sistemas a nivel de cubierta, así como la propia superestructura-subestructura-cimentación), maniobras de izaje costa afuera, carga y amarre a la barcaza, transportación y descarga en el lugar de depósito conforme a ingeniería, códigos, normas, especificaciones y recomendaciones aplicables. Los trabajos para la recuperación podrán dividirse en diferentes fases como: desconexión de componentes principales, izajes, carga y amarre a la barcaza, transportación y descarga al sitio de depósito, sin embargo para cada fase deberá contarse con un Plan de Recuperación y Disposición, elaborado y entregado a PEP por la contratista correspondiente.

Cuando se realice vertimiento de las instalaciones, en el mismo sitio de trabajo o en un lugar alterno, deberán observarse los lineamientos establecidos por las diferentes instancias gubernamentales.

La contratista de transportación será responsable de garantizar la seguridad de la travesía con su carga, desde el sitio de recuperación en la Sonda de Campeche, hasta la descarga en el lugar de depósito. Así como de verificar que las condiciones ambientales se encuentren dentro del rango permisible durante el periodo en que se realice la transportación.

La transportación se realizará fuera de la temporada de huracanes y se contará con un pronóstico de condiciones climatológicas confiable, que garantice un estado de mar adecuado durante todo el periodo de traslado, desde el sitio de recuperación en la Sonda de Campeche, hasta el sitio de depósito.

El desmantelamiento de la superestructura tiene como objetivo recuperar en su totalidad los elementos constructivos, efectuando los pasos en una secuencia inversa a la utilizada para la instalación.

La subestructura se seccionará de los pilotes de cimentación desde su base y al igual que la superestructura se trasladará a tierra para su destino final.

Debido a que se requerirán embarcaciones (chalanes, remolcadores, barcos grúa) para el movimiento de equipo, tuberías y estructuras. Los servicios de hospedaje de personal, oficinas y talleres se realizarán en las propias embarcaciones utilizadas para el desmantelamiento de las instalaciones.

Cabe mencionar que tanto el programa de actividades, así como las propias actividades se deberán realizar en estricto apego a la normatividad vigente en el momento de desarrollo.

Actualmente la normatividad indica que para las instalaciones que fueron construidas posteriores a 1988, se deberá:

Dar aviso a la autoridad competente, de la finalización de operación de las instalaciones, indicando que iniciará su desmantelamiento, y aplicará las medidas de mitigación para la etapa de abandono del sitio propuestas en el estudio de Impacto Ambiental.

Reportar la generación de residuos peligrosos durante la recuperación de las instalaciones. Dichos residuos no son considerados comunes por lo que se dan de alta como residuos extraordinarios.

Recuperación de infraestructura terrestre
El desmantelamiento procederá para todas las instalaciones, una vez autorizado por la CNH, el Cuadro II.18 indica las acciones principales a desarrollar:

Cuadro II 18 Actividades de desmantelamiento

Instalación	Desmantelamiento
Equipos	Desmontar y retirar del área los equipos
Chatarra	Retirar del sitio para aprovechamiento. Incluir los demás elementos reciclables o reutilizables
Construcciones	Demoler, retirar y disponer escombros.
Canales y cunetas revestidas; áreas duras, en general	Limpiar y disponer residuos según su naturaleza. Demoler, retirar y disponer los escombros según normas.

Instalación	Desmantelamiento
Tanques de almacenamiento de hidrocarburos	Retirar y recuperar lodos, drenar agua acumulada. Demoler las estructuras y disponer residuos según normas.
Tuberías	Drenar tuberías, recolectar y disponer residuos según su naturaleza. Retirar tuberías para uso o disposición.
Sanitarios portátiles	Retirar y disponer residuos según normas.
Almacenamiento de agua	Drenar el agua; retirar y disponer sólidos.

El desmantelamiento generalmente implica procedimientos o procesos exactamente iguales a los que se realizaron para la construcción de la infraestructura del proyecto pero desarrollados en orden inverso. Para realizar el retiro de las instalaciones, se procederá de la siguiente manera:

- Se hará un plan para el desmantelamiento, que incluya el almacenamiento temporal de los materiales, su descontaminación si se requiere, la segregación de los residuos, el transporte de los materiales y el destino final de los mismos.
- Luego se procederá a desarrollar la operación en los términos previstos.
- Concluido el desmantelamiento, se hará una inspección detallada del área para evaluar las necesidades y el alcance de la limpieza y la restauración ambiental, iniciando labores en forma inmediata.

Limpieza Final del Área, que consiste en retirar de las áreas ocupadas por el proyecto todos los materiales ajenos a las mismas. La limpieza se extenderá a los sitios ocupados por instalaciones, así como a los demás sitios intervenidos por el proyecto.

Se llevará a cabo una inspección final por parte del responsable del proyecto con un especialista ambiental para constatar el cumplimiento de esta obligación. La misma inspección final servirá para detectar efectos ambientales producidos por la construcción y para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación aplicadas durante el proyecto.

Finalmente la restauración de áreas afectadas que así lo requieran, éstas serán acondicionadas con una capa de suelo fértil y se reforestarán.

II.2.7 Residuos.

A continuación se describen los residuos que serán generados por el proyecto, considerando las diferentes etapas: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, identificando los sólidos, líquidos y las emisiones a la atmósfera, el tipo de residuo y si son o no peligrosos.

Instalaciones Marinas

Preparación del sitio

Las actividades de preparación del sitio, que consisten en la determinación de la morfología del fondo marino del área en donde se instalará el proyecto (plataformas y ductos), se realizarán por medio de embarcaciones.

Durante esta etapa para las instalaciones marinas incluidas en el proyecto (plataformas y ductos) sus actividades siempre se desarrollarán a través de embarcaciones, por lo que sus emisiones y residuos serán generados a través de las propias embarcaciones.

En la Figura II.12 se presenta el diagrama de flujo del proyecto en el cual se indican los puntos en los que se generan residuos o emisiones.

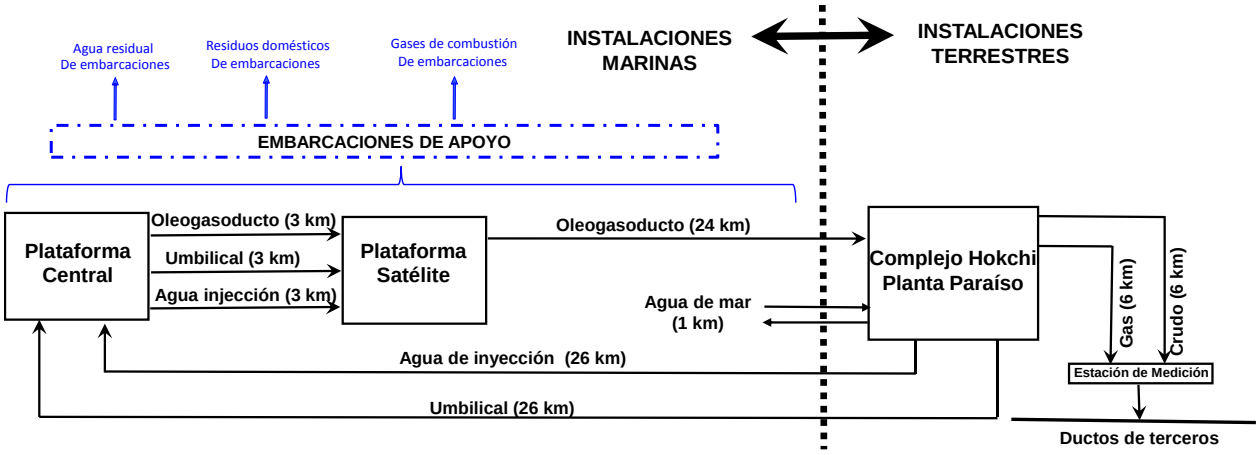


Figura II 12 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de preparación del sitio (instalaciones marinas)

Las necesidades de hospedaje, alimentación de personal, oficinas, talleres, sanitarios y almacén que sean requeridas, las proporcionarán las propias embarcaciones, las cuales manejarán sus residuos de acuerdo con lo estipulado en el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por Buques (MARPOL 73/78).

Cabe mencionar que el Convenio MARPOL 73/78 tiene por objetivo tratar de encontrar un término medio entre la necesidad de preservar el medio marino y la necesidad de imponer leyes que no hagan prohibitivas las actividades de las embarcaciones.

En la Cuadro II.19 se presentan los residuos que se considera serán generados específicamente en esta etapa por actividades del proyecto.

Cuadro II 19 Residuos generados en Preparación del Sitio (instalaciones marinas)

Descripción	Tipo de residuo	Emisión a la atmósfera	Peligroso	Tóxico
Gases de combustión (de embarcaciones)	Gas orgánico-inorgánico	Sí	No	No
Agua residual (de embarcaciones)	Líquido inorgánico	No	No	No
Residuos domésticos (de embarcaciones)	Sólidos orgánico-inorgánico	No	No	No

Gases de combustión: Son producidos por la propia embarcación y la maquinaria que se utiliza como fuerza motriz por motores de combustión interna a diesel que se utiliza durante la determinación de la morfología del fondo marino y durante el transporte a las instalaciones del área del proyecto (remolcador, generador de energía eléctrica, generador de emergencia, bomba de achique, grúas, motores de bombas de lastrado), las embarcaciones y maquinaria contarán con un programa de mantenimiento preventivo de acuerdo a la normatividad aplicable vigente, asimismo estos equipos deberán mantenerse afinados de acuerdo a programa, todo esto con el objeto de emitir un mínimo de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Agua residual: Es generada de los servicios propios de sanitarios, cocina y regaderas de las embarcaciones, para su manejo se tienen dos casos, para el caso de que la embarcación cuente con su propia planta de tratamiento las aguas residuales serán tratadas en dichas plantas, estas plantas cuentan con dispositivos de tratamiento tanto para aguas negras como para grises. Para el caso de las embarcaciones que no cuentan con su propia planta de tratamiento de aguas residuales, las aguas residuales serán descargadas en tierra a una planta de tratamiento.

En ambos casos la descarga del efluente de las plantas de tratamiento deberán cumplir con lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, de acuerdo al tipo de agua residual que generan las embarcaciones, los parámetros de la norma que le aplican son los referentes a contaminantes básicos, patógenos y parasitarios.

Residuos domésticos: Estos son generados por los servicios de alimentación que proporcionan las embarcaciones a sus trabajadores, su manejo y disposición deberá cumplir con lo marcado en el Anexo V (Reglas para prevenir la contaminación por desechos y basuras) del Convenio MARPOL 73/78, en cuanto a las disposiciones para zonas especiales, debido a que los golfos son considerados como zona especial, debido al escaso intercambio de aguas por el carácter cerrado que estos mares tienen.

Para el caso de zona especial el Convenio prohíbe verter al mar los desechos domésticos, teniéndose como excepción que podrán ser echadas al mar si han pasado previamente por un desmenuzador o triturador tan lejos de la tierra más próxima, 12 millas marinas.

Además las embarcaciones deberán llevar un registro de basuras de acuerdo al modelo especificado en el propio Convenio y donde se llevará el registro de todas las descargas.

Etapa de Construcción

Para esta etapa también las actividades del proyecto tanto para las plataformas como para los ductos se realizarán por medio de embarcaciones y los requerimientos de hospedaje, alimentación de personal, oficinas, talleres, sanitarios y almacén, serán proporcionados por las propias embarcaciones que desarrollarán las actividades de construcción, las cuales manejarán sus residuos de acuerdo con lo estipulado en el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por Buques (MARPOL 73/78).

En la Figura II.13 se presenta el diagrama de flujo del proyecto en el cual se indican los puntos en los que se generan residuos o emisiones de la etapa de construcción y en la Cuadro II.20 se presentan los residuos considerados que serán generados por las actividades del proyecto en esta etapa de construcción.

Gases de combustión: en las actividades de construcción de las plataformas marinas (central y satélite), de los ductos marinos (oleogasoducto, inyección de agua y umbilical), así como en la perforación de los pozos productores se generaran gases de combustión de las embarcaciones utilizadas (chalán de carga, remolcador, barco grúa, barcaza de tendido, barcaza de construcción, barcos de apoyo, embarcaciones menores, transporte de tripulación y plataforma de perforación), además los generados por la maquinaria y equipo sobre cubierta utilizada, ya que esta maquinaria utiliza como fuerza motriz generadores de combustión interna.

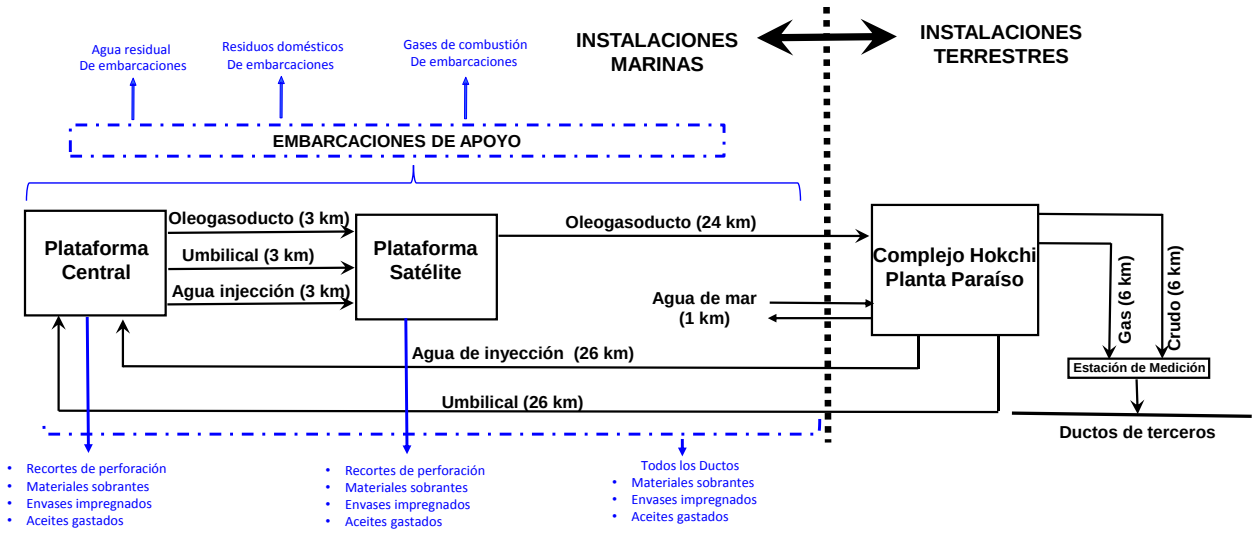


Figura II 13 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de construcción (instalaciones marinas)

Cuadro II 20 Residuos generados en la etapa de construcción (instalaciones marinas)

Descripción	Tipo de residuo	Emisión a la atmósfera	Peligroso	Tóxico
Gases de combustión (embarcaciones)	Gas orgánico-inorgánico	Sí	No	No
Agua residual (baños y cocinas de embarcaciones)	Líquido inorgánico	No	No	No
Residuos domésticos (embarcaciones)	Sólido orgánico	No	No	No
Recortes de perforación	Sólido inorgánico	No	(1)	No
Sobrantes (metales, madera cartón y plástico)	Sólido inorgánico	No	No	No
Residuos y envases impregnados de aceites o pinturas, sobrantes de soldadura.	Sólido inorgánico	No	Sí	No

Descripción	Tipo de residuo	Emisión a la atmósfera	Peligroso	Tóxico
Aceites gastados (lubricantes y aceite de sello)	Sólido orgánico	No	Sí	No

(1) De acuerdo a lo indicado en la NOM-149-SEMARNAT-2006.

Cabe mencionar que en caso de presentarse algún evento extraordinario durante la perforación de los pozos la plataforma de perforación (Jack up) cuenta con un quemador de emergencia.

Las embarcaciones y la maquinaria de las embarcaciones cumplirán estrictamente con su programa de mantenimiento preventivo, desarrollado de acuerdo a la normatividad aplicable vigente, los motores de combustión interna deberán mantenerse afinados de acuerdo a programa con el objeto de emitir un mínimo de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Agua residual y residuos domésticos: estos son generados y manejados de igual manera que en la etapa de preparación del sitio.

Recortes de perforación: son generados durante la perforación de los pozos, en una primera etapa de perforación se utilizará un fluido de perforación base agua generando recortes de perforación impregnados con el fluido base agua, estos recortes serán recuperados en el equipo de control de sólidos de la plataforma de perforación. Por otro lado al final de la perforación del pozo será utilizado un fluido de perforación base aceite generando recortes impregnados con el fluido base aceite, serán llevados a tierra y para su manejo ya en tierra va a depender de los resultados de un análisis para determinar sus características CRETIB, lo que permitirá precisar si es considerado como un residuo peligroso o como uno no peligroso y serán manejados de acuerdo a los aspectos ambientales señalados en la NOM-149-SEMARNAT-2006 “Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación, mantenimiento y abandono de pozos petroleros en las zonas marinas mexicanas”.

Residuos no peligrosos: se llevará a cabo una segregación en las embarcaciones para los residuos como madera, plástico, papel, aluminio, cartón y metales, los que serán separados para ser reciclados. Los residuos que no puedan ser reciclados serán dispuestos en donde la autoridad municipal autorice.

Residuos peligrosos: estos residuos se recolectarán en botes o en tambores y se almacenarán temporalmente en el área de las embarcaciones dispuesta para este fin, el personal de la compañía encargada de dichas labores realizará la segregación, para su posterior envío a tierra, en donde se etiquetará y envasará para su tratamiento o envío a disposición final.

Etapa de operación y mantenimiento

Durante esta etapa las instalaciones marinas (plataformas y ductos) incluidas en el proyecto generan residuos muy reducidos tanto en cantidad como en diversidad, debido a que las plataformas serán no tripuladas y son un sistema cerrado.

Se generan emisiones a la atmósfera a través del quemador de emergencia y solo en caso de emergencia por sobre presión, el quemador de emergencia estará ubicado en la Plataforma Central, también en ambas plataformas se generarán agua pluvial y agua aceitosa.

Los ductos incluidos en el proyecto no generan residuos debido a que es un sistema cerrado, cabe mencionar que durante su mantenimiento se generan lodos de las corridas de diablos los cuales realmente son generados en las trampas de diablos ubicadas en las plataformas.

Las necesidades de mantenimiento de las plataformas serán cubiertas con embarcaciones las que proporcionarán los requerimientos de: talleres, almacenes y requerimientos del personal como alimentación y hospedaje. Las embarcaciones manejarán los residuos del mantenimiento generados en las plataformas y las propias embarcaciones.

En la Figura II.14 se presenta el diagrama de flujo del proyecto en el cual se indican los puntos en los que se generan residuos o emisiones de la etapa de operación y mantenimiento y en el Cuadro II.22 se presentan los residuos considerados que serán generados por las actividades del proyecto en esta etapa.

Gases de combustión: serán generados por el quemador de emergencia tipo boom solo por algún imprevisto de aumento de presión de cualquiera de las dos plataformas, asimismo cuando opere la planta de emergencia de energía eléctrica a falla en el suministro.

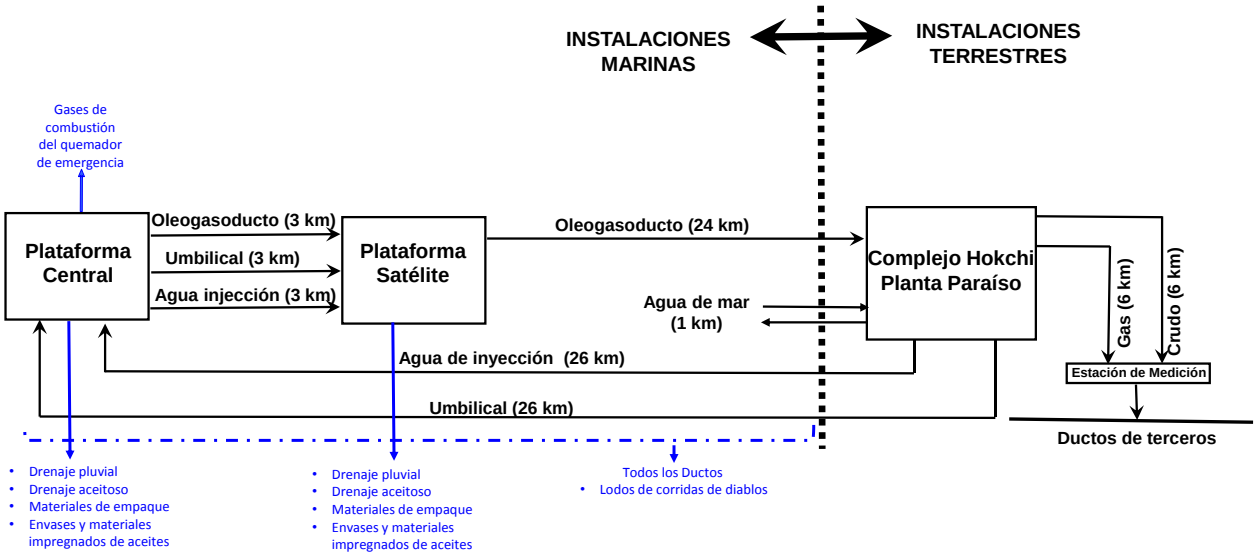


Figura II 14 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de operación y mantenimiento (instalaciones marinas)

Cuadro II 21 Residuos de la etapa de operación y mantenimiento (instalaciones marinas)

Descripción	Tipo de residuo	Emisión a la atmósfera	Peligroso	Tóxico
Gases de combustión	Gas orgánico-inorgánico	Sí	No	No
Agua residual (pluvial)	Líquido inorgánico	No	No	No
Agua residual (contaminada)	Líquido inorgánico	No	Sí	No
Lodos de corridas de diablos	Sólido orgánico	No	Sí	No

Materiales de empaque o ensamble (metales, madera cartón y plástico)	Sólido inorgánico	No	No	No
Materiales impregnados con aceites, grasas, pinturas o solventes.	Sólido inorgánico	No	Sí	No
Ropa de trabajo y equipo de protección personal contaminado	Sólido inorgánico	No	Sí	No
Contenedores vacíos que contuvieron sustancias peligrosas (grasa, pintura, solvente, etc.)	Sólido inorgánico	No	Sí	No

El quemador que será instalado será del tipo boom, este tipo de quemador es excelente en sistemas en donde se manejan mezclas líquido-gas, ya que su boquilla asegura una adecuada atomización de los líquidos para vaporizarlos y mejorar la combustión, evitando precipitaciones. Este quemador se instalará sobre un brazo unido a la plataforma por medio de tres piernas montadas a 45º del eje de la plataforma. Adicionalmente su altura será diseñada para un estricto cumplimiento con las normas para la dispersión de los contaminantes.

Agua residual: se generará en las Plataformas Satélite y Central del drenaje pluvial, la cual es descargada al mar una vez que se corrobora su cumplimiento normativo, lodos aceitosos del drenaje aceitoso se almacena en recipientes portátiles y se envían a tierra para su tratamiento.

Instalaciones Terrestres

Seguidamente se describen los residuos que serán generados por el proyecto para cada una de sus etapas: Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento.

Preparación del sitio

Para las áreas que ocuparán las instalaciones del proyecto Planta Hokchi Paraíso y Estación de Medición se generarán residuos vegetales producto del desmonte y despalme del terreno y para los ductos que se instalarán en derechos de vía existentes solo se requiere de limpieza y deshierbe.

Los residuos vegetales se triturarán, mezclarán y serán esparcidos en los sitios dispuestos por la autoridad municipal para mejoramiento de suelo.

Durante la preparación del sitio de todas las áreas en donde se construirán las instalaciones del proyecto se generarán gases de combustión de la maquinaria utilizada y vehículos de transporte.

También se generarán partículas de polvo y residuos sanitarios de los sanitarios portátiles que serán utilizados en esta etapa, así como residuos domésticos.

En la Figura II.15 se presentan los residuos considerados que serán generados por las actividades del proyecto en esta etapa.

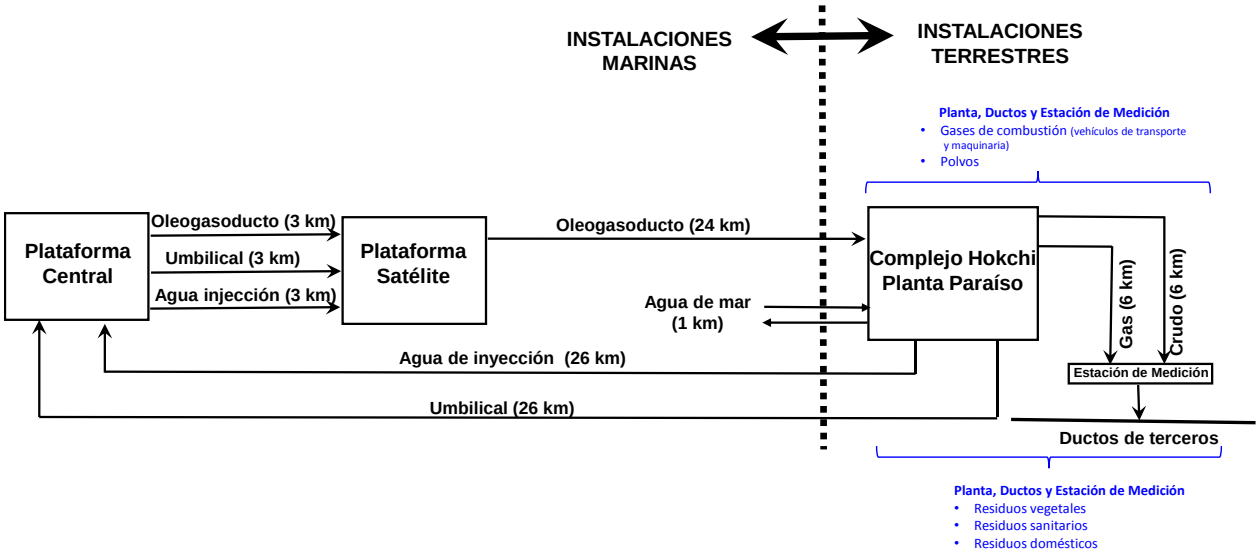


Figura II 15 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de preparación del sitio (instalaciones terrestres)

Residuos vegetales: en los derechos de vía en donde se instalarán los ductos terrestres y que requieren solamente de deshierbe, se generarán residuos vegetales los que se triturarán, mezclarán y serán esparcidos en los sitios dispuestos por la autoridad municipal para mejoramiento de suelo.

Por otro lado las actividades de preparación del sitio en los predios en donde serán construidas la Planta Hokchi Paraíso y la Estación de Medición, que consisten en el desmonte, despalme, limpieza, compactación y nivelación del terreno, los residuos vegetales producto del desmonte y despalme del terreno también se triturarán, mezclarán y serán esparcidos en los sitios dispuestos por la autoridad municipal para mejoramiento de suelo.

Gases de combustión: en las áreas donde se instalarán la Planta Hokchi Paraíso y Estación de Medición, así como en las de los ductos se generarán gases de combustión de la maquinaria utilizada y vehículos de transporte, los que contarán con un programa de mantenimiento preventivo de acuerdo a la normatividad aplicable vigente, asimismo estos equipos deberán mantenerse afinados de acuerdo a programa, con el objeto de emitir un mínimo de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Partículas de polvo: principalmente durante la compactación y nivelación se generarán partículas de polvo, para evitar impactos en la atmósfera se humedecerán periódicamente las áreas de trabajo con agua tratada.

Residuos sanitarios: la operación y mantenimiento de las letrinas portátiles utilizadas en esta etapa será realizada por un contratista, asegurándose que este tipo de servicio sea con una empresa especializada y autorizada, la cual tendrá la obligación de disponer los residuos sanitarios en el sitio donde la autoridad lo determine.

Residuos domésticos: estos residuos serán separados y entregados a un contratista especializado.

En Cuadro II.22 se presentan los residuos considerados que serán generados por las actividades del proyecto en esta etapa.

Cuadro II 22 Residuos generados en la Preparación del Sitio (instalaciones terrestres)

Descripción	Tipo de residuo	Emisión a la atmósfera	Peligroso	Tóxico
Residuos vegetales	Sólido	No	No	No
Gases de combustión de vehículos de transporte y maquinaria	Gas	Sí	No	No
Partículas de polvo	Sólido	No	No	No
Residuos sanitarios	Líquido	No	No	No
Residuos domésticos	Sólido	No	No	No

Construcción

Durante la construcción de todas las instalaciones terrestres dentro del alcance del proyecto (Planta Hokchi Paraíso, Estación de Medición y Ductos) se generarán gases de combustión de los vehículos de transporte y maquinaria, Residuos sanitarios de los sanitarios portátiles, residuos domésticos, materiales de empaque y remanentes, así como residuos contaminados principalmente de grasas y aceites.

En Figura II.16 se presentan los residuos considerados que serán generados por las actividades del proyecto en esta etapa.

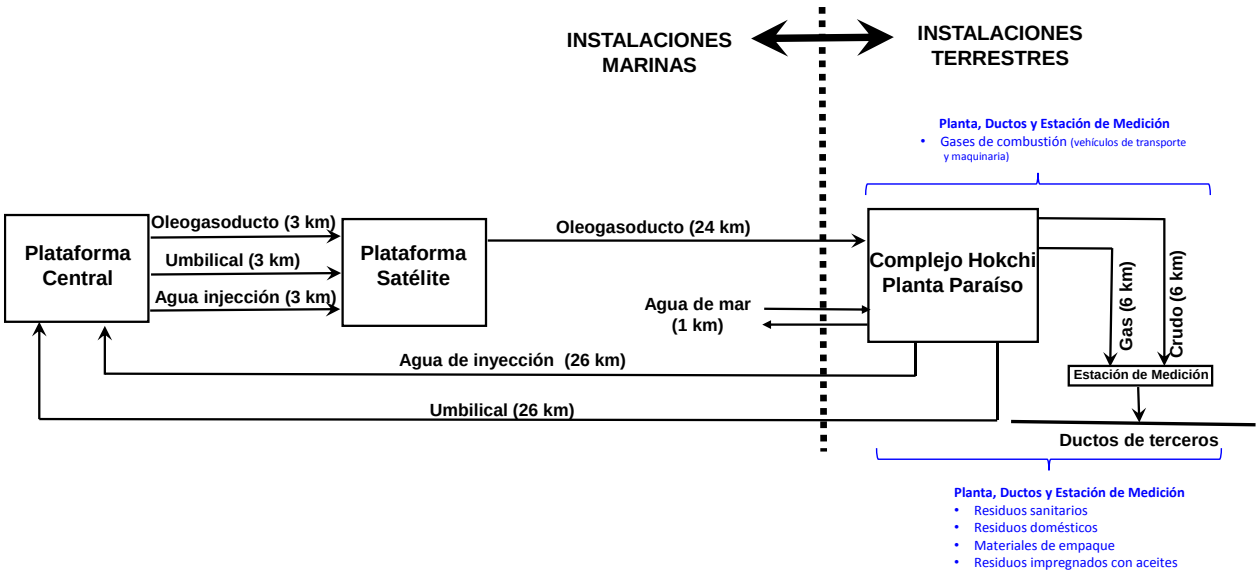


Figura II 16 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de construcción (instalaciones terrestres)

Gases de combustión: los que son generados por la maquinaria y vehículos de transporte utilizados en la construcción generarán gases de combustión contarán con un programa de mantenimiento preventivo de acuerdo a la normatividad aplicable vigente, asimismo estos equipos deberán mantenerse afinados de acuerdo a programa, con el objeto de emitir un mínimo de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Residuos sanitarios: la operación y mantenimiento de las letrinas portátiles utilizadas en esta etapa será realizada por un contratista, asegurándose que este tipo de servicio sea con una empresa especializada y autorizada, la cual tendrá la obligación de disponer los residuos sanitarios en el sitio donde la autoridad lo determine.

Residuos domésticos: estos residuos serán separados y entregados a un contratista especializado.

Residuos sólidos no peligrosos: generados durante la construcción como madera, plástico, papel, aluminio, cartón y metales, serán separados para ser reciclados.

Residuos impregnados: con pinturas y solventes cuyo manejo, tratamiento y disposición final se llevará a cabo por contratistas autorizados.

En la Cuadro II.23 se indican los residuos generados en esta etapa del proyecto.

Cuadro II 23 Residuos generados en la construcción (instalaciones terrestres)

Descripción	Tipo de residuo	Emisión a la atmósfera	Peligroso	Tóxico
Gases de combustión de maquinaria de construcción y montaje	Gas	Sí	No	No
Residuos sanitarios	Líquido	No	No	No
Residuos domésticos	Sólido	No	No	No
Materiales de empaque y remanentes	Sólido	No	No	No
Residuos impregnados con pinturas y solventes	Líquido	No	Sí	Si

Operación

Los ductos terrestres incluidos en el proyecto durante esta etapa no generarán residuos debido a que son un sistema cerrado, por otro lado los residuos generados durante la operación de la Planta Hokchi Paraíso y la Estación de Medición se indican a continuación (ver Figura II.17):

La Planta Hokchi Paraíso generará gases de combustión de la generación de la energía eléctrica que será distribuida a todas las instalaciones, adicionalmente en caso de sobrepresión se generarán en el quemador de emergencia. El agua residual o purga de los sistemas de tratamiento de agua de mar y el agua congénita generada al inicio de las operaciones se manejará con una empresa especializada para su tratamiento y/o disposición final.

Adicionalmente tanto la Planta Hokchi Paraíso como la Estación de Medición generarán drenajes sanitarios y basura doméstica.

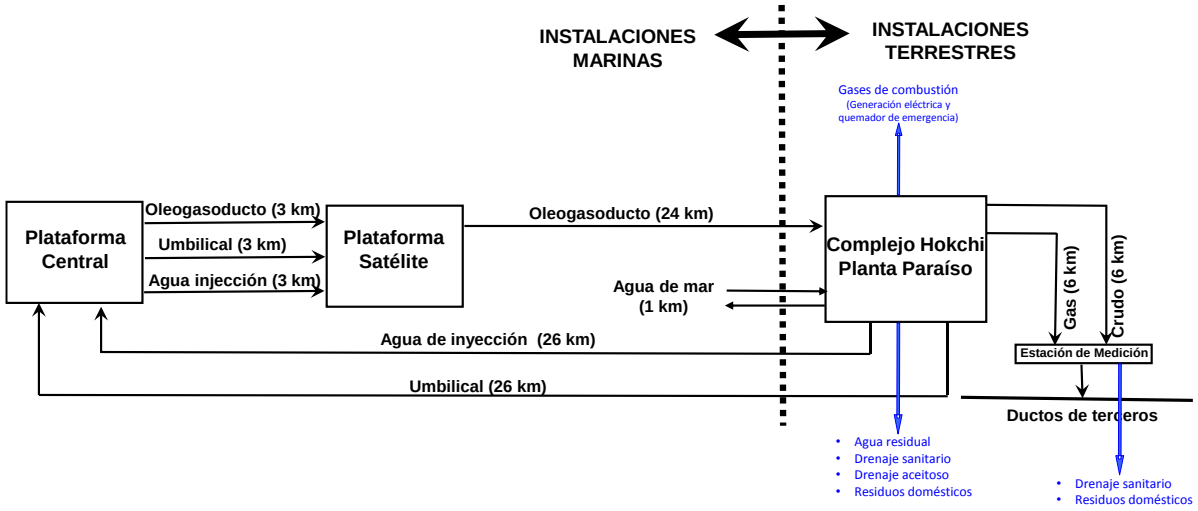


Figura II 17 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de operación (instalaciones terrestres)

Gases de combustión: las instalaciones terrestres generarán gases de combustión del sistema de generación de energía eléctrica a base de turbinas de gas, así como del quemador elevado de emergencia que operará cuando exista un evento de descontrol del proceso por sobrepresión.

Agua residual: las instalaciones contarán con drenajes separados: cerrado (aceitoso), abierto (pluvial) y sanitario. El drenaje cerrado será enviado al separador trifásico de baja presión, el abierto primeramente se alimenta a un separador de aceite propio del sistema para su posterior descarga y el sanitario se alimenta una planta de tratamiento de agua exclusiva para este drenaje para ser descargada de acuerdo con la normatividad aplicable.

Además la Planta Hokchi Paraíso contará con dos sistemas, que son poco comunes en instalaciones industriales, para el tratamiento de aguas: el sistema de tratamiento de agua de mar y el sistema de tratamiento de agua congénita, las pequeñas cantidades que llegarán a generar de agua residual estos sistemas serán manejados con una empresa especializada para su disposición final.

El agua congénita producida al inicio de las operaciones cuando no se requiere inyección de agua se manejará con una empresa especializada para su tratamiento y/o disposición final.

Residuos domésticos: estos residuos serán separados y entregados a un contratista especializado.

Residuos peligrosos: estas instalaciones durante la etapa de operación no generarán residuos peligrosos, los residuos peligrosos que son generados están indicados en la etapa de mantenimiento.

Los residuos generados durante la operación de la Planta Hokchi Paraíso y la Estación de Medición se indican a continuación (ver Cuadro II.24):

Cuadro II 24 Residuos generados en la operación (instalaciones terrestres)

Descripción	Tipo de residuo	Emisión a la atmósfera	Peligroso	Tóxico
Gases de combustión del sistema de generación de energía eléctrica	Gas	Sí	No	No
Gases de combustión del Quemador de emergencia	Gas	Sí	No	No
Agua residual (agua de mar)	Gas	Sí	No	No
Agua residual (drenaje sanitario)	Gas	Sí	No	No
Sistema de drenaje cerrado (aceitoso)	Gas	Sí	No	No
Residuos domésticos	Sólido	No	No	No

Mantenimiento

La Planta Hokchi Paraíso generará gases de combustión a través del quemador de emergencia cuando se requiera de barrido en algún equipo que salga a mantenimiento, además generará lodos de las trampas de diablos y lodos del drenaje sanitario.

Adicionalmente la Planta Hokchi Paraíso, Estación de Medición y ductos durante su mantenimiento generarán materiales de empaque, materiales contaminados y ropa de trabajo contaminada.

En la Figura II.18 se presentan los residuos considerados que serán generados por las actividades del proyecto en esta etapa.

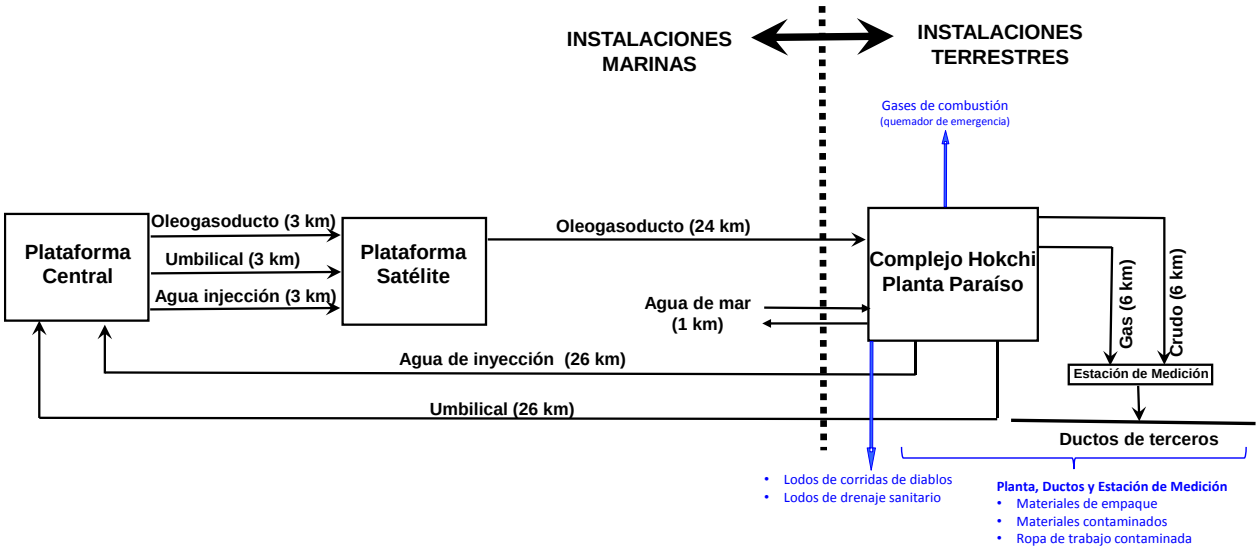


Figura II 18 Generación de residuos, descargas y/o emisiones en la etapa de mantenimiento (instalaciones terrestres)

Gases de combustión: se generarán gases de combustión en el quemador elevado del barrido de algún equipo que requiera mantenimiento.

Lodos de corridas de diablos: se generarán este tipo de lodos de las corridas de diablos durante el mantenimiento y limpieza de los ductos.

Residuos sanitarios: el mantenimiento de la planta de tratamiento de los drenajes sanitarios generará estos residuos que serán manejados por contratista, asegurándose que este tipo de servicio sea con una empresa especializada y autorizada, la cual tendrá la obligación de disponer los residuos sanitarios en el sitio donde la autoridad lo determine.

Materiales de empaque y embalaje: los residuos esperados durante esta etapa son materiales como: papel, cartón, vidrio, madera, metal, plástico, unicel, etc., los que serán una segregación inicial en el sitio (madera, plástico, papel, aluminio, cartón y metales, serán separados para ser reciclados.

Materiales contaminados: como: algodón y algunos contenedores vacíos que contuvieron grasa, pintura, solvente o combustible y ropa de trabajo contaminada: guantes y ropa de algodón serán recolectados y dispuestos por un prestador de servicios autorizado.

En la Cuadro II.25 se indican los residuos generados en esta etapa del proyecto.

Cuadro II 25 Residuos generados en el Mantenimiento (instalaciones terrestres)

Descripción	Tipo de residuo	Emisión a la atmósfera	Peligroso	Tóxico
Gases de combustión de quemador de emergencia	Gas	Si	No	No
Lodos de corridas de diablos	Sólido	No	Si	No
Lodos de drenaje sanitario	Sólido	No	No	No
Materiales de empaque o embalaje (papel, cartón, vidrio, madera, metal, plástico, unicel, etc.)	Sólido	No	No	No
Materiales contaminados (algodón y contenedores vacíos que contuvieron grasa, pintura, solvente, combustible, etc.)	Sólido	No	Sí	Sí
Ropa de trabajo contaminada (guantes y ropa de algodón)	Sólido	No	Sí	Sí

El siguiente Cuadro II.26 se presenta un concentrado de los residuos que serán generados por el proyecto, en donde se indica el nombre del residuo sólido o líquido, incluyendo aguas residuales y emisiones a la atmósfera, además en los casos que fue posible un estimado del volumen o cantidad por unidad de tiempo se indica, su estado físico, la fuente de generación, su destino o uso final y sus características CRETIB.

Cuadro II 26 Residuos, emisiones y descargas generados por el proyecto

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
PREPARACIÓN DEL SITIO (INSTALACIONES MARINAS)														
Gases de combustión	Embarcaciones (baños y cocinas)	Si	No	No	No	No							Nominal	Atmósfera
Agua residual	Embarcaciones (baños y cocinas)	No	Sí	No	No	No							Nominal	Con tratamiento en la embarcación descarga al mar o descarga en tierra para su tratamiento
Residuos domésticos	Embarcaciones	No	No	Si	No	No							Nominal	Disposición en tierra de acuerdo a normatividad
CONSTRUCCIÓN (INSTALACIONES MARINAS)														
Gases de combustión	Embarcaciones	Si	No	No	No	No							Nominal	Atmósfera
Agua residual	Embarcaciones (baños y cocinas)	No	Sí	No	No	No							Nominal	Con tratamiento en la embarcación descarga al mar o descarga en tierra para su tratamiento
Residuos domésticos	Embarcaciones	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Disposición en tierra de acuerdo a normatividad
Recortes de perforación (impregnados con fluido base agua)	Perforación de pozos	No	No	No	Si	No				No			24,399 ton (considerando 2,706 ton por pozo aprox)	Recuperados en el equipo de control de sólidos y descargados en mar abierto abajo del nivel del agua
Recortes de perforación	Perforación de pozos	No	No	No	Si	Sí				Si			2,700 m^3	Disposición en tierra para

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
(impregnados con fluido base aceite)													(considerando 300 m^3 por pozo aprox)	tratamiento y disposición de acuerdo a normatividad
Sobrantes (metales, madera cartón y plástico)	Montaje electromécanico	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Disposición en tierra para reciclar o disposición final de acuerdo a normatividad
Residuos y envases impregnados de aceites o pinturas y sobrantes de soldadura	Montaje electromécanico	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento o disposición final de acuerdo a normatividad
Aceites gastados	Montaje electromécanico	No	No	No	Si	Sí				Si			Nominal	Disposición en tierra para tratamiento
OPERACIÓN (INSTALACIONES MARINAS)														
Agua residual (pluvial)	Drenaje abierto de plataformas	No	Sí	No	No	No							No cuantificable	Tratamiento en plataforma para la descarga al mar
Agua residual (contaminada)	Drenaje cerrado de plataformas	No	Sí	No	No	No							No cuantificable	Tratamiento en plataforma para la descarga al mar de acuerdo a normatividad
MANTENIMIENTO (INSTALACIONES MARINAS)														

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
Lodos de corridas de diablos	Mantenimiento de ductos	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento o disposición final
Materiales de empaque o ensamble (metales, madera cartón y plástico)	Mantenimiento de plataformas y ductos	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Disposición en tierra para reciclar o disposición final de acuerdo a normatividad
Materiales impregnados con aceites, grasas, pinturas o solventes.	Mantenimiento de plataformas y ductos	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento y disposición final
Ropa de trabajo y equipo de protección personal contaminado	Mantenimiento de plataformas y ductos	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento y disposición final
Contenedores vacíos que contuvieron sustancias peligrosas (grasa, pintura, solvente, etc.)	Mantenimiento de plataformas y ductos	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento y disposición final
PREPARACIÓN DEL SITIO (INSTALACIONES TERRESTRES)														
Residuos vegetales	Desmonte, despalme y deshierbe	No	No	No	No	No	--	--	--	--	--	--	16,380 m^3 (considerando palmera de coco de 0.25m Ø por 20m altura + un m3 de ramas y 150 especímenes por ha y 18.2 ha)	Se triturará y se depositará en el lugar que indique la autoridad municipal

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
Gases de combustión de vehículos de transporte y maquinaria	Transporte de materiales y maquinaria	Si	No	No	No	No							Nominal	Atmósfera
Partículas de polvo	Preparación del sitio	Si	No	No	No	No	--	--	--	--	--	--	No cuantificable	Atmósfera
Residuos sanitarios	Sanitarios portátiles	No	Si	No	No	No	--	--	--	--	--	--	300 l/d (Considerando un sanitario para 300 usos o 75 personas por turno de 8 horas	Manejado por contratista autorizado de acuerdo a normatividad
Residuos domésticos	Trabajadores	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Manejado por contratista autorizado de acuerdo a normatividad
CONSTRUCCIÓN (INSTALACIONES TERRESTRES)														
Gases de combustión	De maquinaria de construcción y transporte de materiales	Si	No	No	No	No							Nominal	Atmósfera
Residuos sanitarios	Sanitarios portátiles	No	Si	No	No	No	--	--	--	--	--	--	300 l/d (Considerando un sanitario para 300 usos o 75 personas por turno de 8 horas	Manejado por contratista autorizado de acuerdo a normatividad
Residuos domésticos	Trabajadores	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Manejado por contratista autorizado de acuerdo a normatividad

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
Materiales (metales, madera cartón y plástico)	Materiales de empaque y remanentes	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Se separan para reciclar o disposición final de acuerdo a normatividad
Contenedores vacíos que contuvieron sustancias peligrosas (grasa, pintura, solvente, etc.)	Construcción de Planta, ductos y Estación de Medición	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Disposición en tierra para tratamiento y disposición final
OPERACIÓN (INSTALACIONES TERRESTRES)														
Gases de combustión del sistema de generación de energía eléctrica	Sistema de generación de energía eléctrica	Si	No	No	No	No							3.25 MMPCD (millones de estándar pies cúbicos diarios)	Atmósfera
Gases de combustión	Quemador de emergencia	Si	No	No	No	No							Nominal (Solo en caso de presentarse una emergencia)	Atmósfera
Agua congénita	Separación de crudo (crudo-gas-agua)	No	Si	No	No	No							Solo en el periodo que no se requiere agua de inyección a pozos (en el inicio de operación)	Se manejará con una empresa especializada para su tratamiento y/o disposición final
Agua residual (drenaje sanitario)	Drenaje sanitario de Planta Hokchi	No	Si	No	No	No							No cuantificable	Tratamiento en Planta Hokchi
Sistema de drenaje cerrado (aceitoso)	Drenaje cerrado	No	Si	No	No	No							Nominal	Tratamiento en Planta Hokchi
MANTENIMIENTO (INSTALACIONES TERRESTRES)														

Residuo	Actividad Donde se genera	Emisión a la Atmósfera	Agua residual	RSU	RME	Residuo peligroso							Volumen estimado	Destino o uso final
						Sí/No	C	R	E	T	I	B		
Gases de combustión	Quemador de emergencia	Si	No	No	No	No							Nominal (Solo en caso de presentarse una emergencia)	Atmósfera
Lodos de corridas de diablos	Mantenimiento de ductos	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Tratamiento o disposición final por contratista autorizado
Lodos de drenaje sanitario	Planta de tratamiento de drenaje sanitario	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	Tratamiento o disposición final por contratista autorizado
Materiales (papel, cartón, vidrio, madera, metal, plástico, unicel, etc.)	Materiales de empaque o embalaje	No	No	Si	No	No							No cuantificable	Se separan para reciclar o disposición final de acuerdo a normatividad
Materiales contaminados (algodón y contenedores vacíos que contuvieron grasa, pintura, solvente, combustible, etc.)	Mantenimiento de Planta, Ductos y Estación de Medición	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	A tratamiento y disposición final por contratista autorizado
Ropa de trabajo contaminada (guantes y ropa de algodón)	Mantenimiento de Planta, Ductos y Estación de Medición	No	No	No	Si	Sí				Si			No cuantificable	A tratamiento y disposición final por contratista autorizado

Notas: RSU.-Residuos sólidos urbanos, RME.-Residuos de manejo especial, C.-Corrosivo, R.-Reactivo, E.-Explosivo, T.-Tóxico, I.-Inflamable y B.-Biológico-infeccioso.

INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS EN LA REGIÓN

La disponibilidad de servicios de infraestructura para el manejo y disposición final de los residuos, en la localidad y/o región indica que el estado de Tabasco cuenta actualmente con seis rellenos

sanitarios que cumplen con la NOM-083-SEMARNAT-2003, ubicados en los municipios de Centro, Comalcalco, Centla, Jalpa de Méndez, Jonuta y Huimanguillo, pero en el municipio de Paraíso actualmente no se cuenta con algún relleno sanitario.

Con respecto a las plantas de tratamiento de aguas residuales el estado de Tabasco cuenta actualmente con 77 plantas, con una capacidad instalada de 2,078 lts/seg y que actualmente están tratando 1,614 lts/seg. En el municipio de Paraíso se tienen 3 de las 77 plantas de tratamiento de aguas residuales:

- Madero que utiliza el proceso Imhoff con capacidad para tratar 5 lts/seg con descarga al Río Seco.
- Moctezuma que utiliza un proceso Biológico con capacidad para tratar 7 lts/seg con descarga a Bajo Relieve.
- Cd. Paraíso que utiliza un proceso con Filtros biológicos o rociadores o percoladores con capacidad para tratar 75 lts/seg con descarga a Río Seco.

Actualmente en el municipio de Paraíso, así como en el estado de Tabasco existen proveedores de servicios especializados para el manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos enfocados específicamente a la industria petrolera y que prestan servicios tales como: separación, manejo, tratamiento, reciclamiento o confinamiento de residuos, entre otros.

Por lo anterior, actualmente y es de esperarse que a futuro la demanda de este tipo de servicios para el proyecto y otros proyectos de la zona estarán cubiertos debido principalmente a que el desarrollo actual del estado de Tabasco y particularmente el del municipio de Paraíso está completamente ligado a la actividad petrolera desde hace más de cinco décadas.

II.2.8 Generación de gases efecto invernadero

Un gas de efecto invernadero (GEI) es un gas atmosférico que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo. Este proceso es la fundamental causa del efecto invernadero. Los principales GEI en la atmósfera terrestre son el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el óxido de nitrógeno y el ozono.

Las actividades humanas desde el inicio de la Revolución Industrial (considerado en 1750) ha producido un incremento del 40 % en la concentración atmosférica del dióxido de carbono (CO_2), desde 280 ppm en 1750 a 400 ppm en 2015. Este incremento ha ocurrido a pesar de la absorción de una gran porción de las emisiones por varios depósitos naturales que participan del ciclo del carbono. Las emisiones de CO_2 antropogénicas (producidas por actividades humanas) provienen de la combustión de combustibles fósiles, principalmente carbón, petróleo y gas natural, además de la deforestación, la erosión del suelo y la crianza animal.

Se ha estimado que si las emisiones de GEI continúan al ritmo actual, la temperatura de la superficie terrestre podría exceder los valores históricos tan pronto como 2047, con efectos potencialmente dañinos en los ecosistemas, la biodiversidad y peligraría la subsistencia de las personas en el planeta. Estimaciones de agosto de 2016 sugieren que de seguir la actual trayectoria de emisiones la Tierra podría superar el límite de 2 °C de calentamiento global (límite señalado como un calentamiento global "peligroso") en 2036.

Debido a lo anterior los proyectos deberán considerar la utilización de tecnologías y equipos con menor generación de gases GEI dentro de sus procesos y actividades.

II.2.8.1 Identificar por etapa si el proyecto:

II.2.8.2 Generará gases efecto invernadero, como es el caso de H_20, $C0_2$, CH_4, N_20, CFC, O_3, entre otros.

Preparación del sitio
Los gases de efecto invernadero que generará el proyecto en esta etapa tanto para las instalaciones marinas como para las terrestres se indican a continuación.

Instalaciones Marinas

Para las instalaciones marinas incluidas en el proyecto (plataformas y ductos) sus actividades siempre se desarrollarán a través de embarcaciones, por lo que las emisiones de gases de efecto invernadero serán generados a través de las propias embarcaciones. Estos gases están integrados por dióxido de carbono (CO_2), y vapor de agua (H_2O) y debido a la combustión incompleta de los hidrocarburos en el combustible, se liberan pequeñas proporciones de carbono en forma de monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) o compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM), los cuales finalmente se oxidan en forma de CO_2 en la atmósfera. Además, los procesos de combustión producen emisiones de óxido nitroso (N_2O) y óxidos de nitrógeno (NOx).

Instalaciones Terrestres

En las instalaciones terrestres en todas las áreas en donde se construirán las instalaciones del proyecto se generarán gases de combustión de la maquinaria utilizada y vehículos de transporte y los de efecto invernadero estarán constituidos por dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua (H_2O), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) y compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM). Además, los procesos de combustión producen emisiones de óxido nitroso (N_2O) y óxidos de nitrógeno (NOx).

Construcción
En esta etapa se generan los GEI que se indican a continuación.

Instalaciones Marinas

Para esta etapa las actividades de las instalaciones marinas del proyecto también estarán fuertemente apoyadas por embarcaciones por lo que las emisiones de gases de efecto invernadero estarán integradas por dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua (H_2O), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) y compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM). Además, los procesos de combustión producen emisiones de óxido nitroso (N_2O) y óxidos de nitrógeno (NOx).

Instalaciones Terrestres

Durante la construcción de todas las instalaciones terrestres dentro del alcance del proyecto (Planta Hokchi Paraíso Estación de Medición y Ductos) se generarán gases de combustión de los vehículos de transporte y maquinaria y sus gases de efecto invernadero estarán constituidos

por dióxido de carbono ($CO_{2)}$, vapor de agua (H_2O), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) y compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM). Además, los procesos de combustión producen emisiones de óxido nitroso (N_2O) y óxidos de nitrógeno (NOx).

Operación y mantenimiento
Los GEI generados en esta etapa son los siguientes.

Instalaciones Marinas

En la etapa de operación de las instalaciones marinas los ductos incluidos en el proyecto no generan emisiones de gases debido a que son un sistema cerrado.

Y en las plataformas marinas se generan emisiones a la atmósfera solo en caso de emergencia por sobre presión a través del quemador de emergencia ubicado en la Plataforma Central. Las necesidades de mantenimiento de las plataformas serán cubiertas con embarcaciones las generaran gases de efecto invernadero típicos de este tipo de embarcaciones.

Instalaciones Terrestres

La Planta Hokchi Paraíso generará gases de combustión de la generación de la energía eléctrica que será distribuida en todas las instalaciones, adicionalmente en caso de sobrepresión se generarán en el quemador de emergencia. Los gases de efecto invernadero que conformará los gases emitidos estarán integrados por dióxido de carbono (CO_2,), vapor de agua (H_2O) y metano (CH_4).

II.2.8.3 Estimar la cantidad de energía que será disipada por el desarrollo del proyecto.

Como parte de los estudios realizados para la integración de esta MIA se realizó el estudio denominado Análisis Cambio Climático Tabasco, cuyo objetivo es el de identificar el tipo y magnitud de impactos en la costa de Tabasco derivado del fenómeno de Cambio Climático, estimando las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI´s) generados en la etapa de desarrollo y operación del campo Hokchi, así como identificar medidas para asegurar el desarrollo sustentable de la región. Las estimaciones de gases de efecto invernadero generados por el proyecto se describen a continuación.

Se estimaron las emisiones de CO_2 generadas durante la vida del proyecto mediante factores de emisión aplicando la metodología empleada para la estimación del inventario de emisiones de CO_2 en el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Tabasco 2011 y considerando la proyección de la producción de petróleo crudo extraído en el campo Hokchi, a continuación se presenta la estimación anual de dióxido de carbono en el periodo de operación del campo Hokchi (ver Cuadro II.27).

Cabe mencionar que la unidad en la que se manejan los GEI es Gg, que es una unidad de medida de masa equivalente a 10^9 gramos y un gigagramo equivale a 1,000 toneladas.

Cuadro II 27 Generación de CO2 (Gg) estimado en la producción del campo Hokchi

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Gg de CO2	0.5	2.16	1.47	2.09	1.97	2.06	1.95	1.83	1.72	1.66	1.59	1.53	1.44	1.34	1.27	1.19	1.13	1.06	0.99	0.92	0.86

Gg – Unidad de medida de masa equivalente a 10^9 gramos, empleada para las emisiones de GEI. Un gigagramo equivale a 1,000 toneladas.

Para la estimación de las emisiones de GEI´s para barcos y buques se tomaron en cuenta los factores de emisión definidos en por la USEPA, actualizados al mes de mayo de 2008. Barco grande y muy grande: Factor emisión de 0.048 kg CO_2 /milla y el factor emisión de 0.0041g CH_4 /milla

Para la estimación de los GEI con el uso de factores de emisión también se consideraron las horas de uso, tipo de maquinaría empleada, así como información de la duración de la etapa de utilización, el tipo de actividad y volumen de trabajo; también los días de trabajo y horas por turno. Los resultados de la estimación de las emisiones GEI´s por el empleo de las embarcaciones empleadas en las etapas de preparación del sitio y construcción en la zona marina nos indican que la emisión de CO_2 es de 0.19 Gg y de CH_4 de 3.3 X 10-6 Gg.

Si se comparan los resultados de la estimación de emisiones con el inventario estatal de emisiones de CO_2 se puede observar que las emisiones en las etapas de preparación del sitio y construcción en la zona marina (0.19 Gg CO_2) no tienen un impacto relevante con respecto al sector Energía (812.33 Gg CO_2).

Para las instalaciones terrestres se utilizaron los factores de emisión para equipos de construcción, estos factores de emisión se generaron a partir del modelo NONROAD2005 para el año 2006. La fuente de información de los factores de emisión de la maquinaria consideran las emisiones de la USEPA 2005. Las emisiones medias anuales y consumo de combustible de los camiones ligeros y pesados a gasolina y diésel, se obtuvieron del informe EPA 420-F-05-022 de agosto de 2005 y las tasas de emisión se generaron utilizando el modelo MOBILE.6 y los factores de emisión de vehículos de terrecería. Los factores de emisión utilizados para maquinaria a diésel se presentan en el Cuadro II.28.

Cuadro II 28 Factores de emisión por el uso de maquinaria a diesel

Equipo	Potencia	F.E. CO_2 (g/HP-hr)	F.E. CH_4 (g/HP-hr)
Camión de agua	150	536	0.44
Compactador de camino Diésel	100	536.2	0.37
Camión de volteo Diésel	150	536	0.44
Excavadora Diésel	300	536.3	0.34
Maquina zanjadora Diésel	175	535.8	0.51
Perforadora Diésel	200	529.7	0.6
Mezcladora Diésel	100	529.7	0.61
Grúa Diésel	175	530.2	0.44
Niveladora Diésel	200	536.3	0.35
Tractores/cargadores/retroexcavadoras diésel	100	691.1	1.85
Bulldozer a Diésel	300	536.3	0.36
Trascabo a Diésel	200	536.2	0.38
Montacargas a Diésel	100	690.8	1.98
Motogenerador	40	587.3	1.21

Los resultados estimados de la generación de emisiones GEI´s por el empleo de transportes y maquinaria de construcción empleadas en las etapas de preparación del sitio y construcción en la zona terrestre, son de CO_2 es de 2.9 Gg y de CH_4 es de 3.11 X 10^{-3} Gg.

Finalmente las estimaciones de las emisiones de CO_2, generadas en la zona marina y terrestre del proyecto Hokchi es de aproximadamente 3 Gg CO_2. Comparando estos resultados con el inventario estatal de emisiones de CO_2 se puede concluir que las emisiones no tienen un impacto relevante con respecto al sector Energía del Estado de Tabasco (812.33 Gg CO_2), de acuerdo a la información del Programa estatal de acción ante el cambio climático, Tabasco 2011.

Estos valores de emisión de GEI´s para la preparación del sitio y construcción permiten pronosticar que el impacto de las actividades del proyecto no tendrá un efecto significativo en el cambio climático a nivel local ni regional y que no altera las proyecciones realizadas por el Gobierno del Estado de Tabasco sobre el pronóstico del cambio climático en la región.

En el Anexo No. 4 se presenta el Análisis Cambio Climático Tabasco que fue elaborado para esta MIA.

CONTENIDO

Descripción	Página
III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES	2

FIGURAS

Descripción	Página
Figura III. 1 Ubicación del proyecto en el Ordenamiento Ecológico General del territorio	3
Figura III. 2 Área de Aplicación del Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe	5
Figura III. 3 Ubicación del proyecto con respecto a las UGA´s de acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino Y Regional del Golfo de México y Mar Caribe	6
Figura III. 4 Áreas naturales protegidas cercanas al proyecto	12
Figura III. 5 Regiones Marinas Prioritarias de México	13
Figura III. 6 Regiones Marinas Prioritarias de México cercanas al Proyecto	15

CUADROS

Descripción	Página
Cuadro III. 1 Vinculación del proyecto con las estrategias aplicables al proyecto	4
Cuadro III. 2 Vinculación de las Acciones Generales aplicables al proyecto.	6
Cuadro III. 3 Acciones Específicas aplicables a la UGA 70 (instalaciones terrestres).	8
Cuadro III. 4 Acciones Específicas aplicables a la UGA 166 (instalaciones marinas)	9
Cuadro III. 5 Criterios Generales del POEET aplicables al proyecto	10
Cuadro III. 6 Criterios Específicos aplicables al proyecto por Actividad Productiva	11
Cuadro III. 7 Acciones tendientes a la disminución de impactos del proyecto en la RMP 53	14
Cuadro III. 8 Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas	16

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

Planes de ordenamiento ecológico del territorio

Los planes de ordenamiento ecológico del territorio aplicables al área de proyecto son:

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMyMC)
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (POEET)

Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
Este ordenamiento fue publicado el 7 de septiembre de 2012 en el Diario Oficial de la Federación (DOF) y actúa sobre todo el territorio nacional en su porción terrestre; administrativamente, facilita la toma de decisiones de los actores de la Administración Pública Federal, al orientar la planeación y la ejecución de las políticas públicas; y social y económicamente, invita a establecer una relación de equilibrio entre los recursos naturales, su aprovechamiento y la satisfacción de las necesidades de la sociedad, buscando el desarrollo sustentable.

El ordenamiento propone un modelo de ordenación del territorio nacional, el cual está sustentado en una regionalización ecológica (definida por características físico-bióticas) en la que se identificaron áreas de atención prioritaria y se asignaron propuestas de corresponsabilidad sectorial para el desarrollo productivo y de asentamientos humanos en el país. El ordenamiento define 80 regiones ecológicas y cada región está acompañada de lineamientos, estrategias ecológicas y acciones.

Adicionalmente el ordenamiento está dividido en 145 unidades denominadas unidades ambientales biofísicas (UAB), así que, las regiones ecológicas se integran por un conjunto de UAB que comparten la misma prioridad de atención, de aptitud sectorial y de política ambiental. Con base en lo anterior, a cada UAB le fueron asignados lineamientos y estrategias ecológicas específicas.

Las instalaciones terrestres del proyecto está ubicado en la UAB 76 “Llanuras fluviodeltáicas de Tabasco” que se encuentra dentro de la región ecológica 5.32, como se muestra en la Figura III.1.

Para el POEGT se formularon 10 lineamientos ecológicos, mismos que reflejan el estado deseable de una región ecológica o unidad biofísica ambiental, se instrumentan a través de las directrices generales que en lo ambiental, social y económico se deberán promover para alcanzar el estado deseable del territorio nacional.

Las políticas ambientales para la UAB 76 son. Preservación, Aprovechamiento sustentable y Restauración, para las cuales este proyecto tiene contemplado, en todas sus etapas el de preservar los elementos ambientales de la región, esto es evitar impactos al ambiente lo más posible, así como llevar a cabo un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

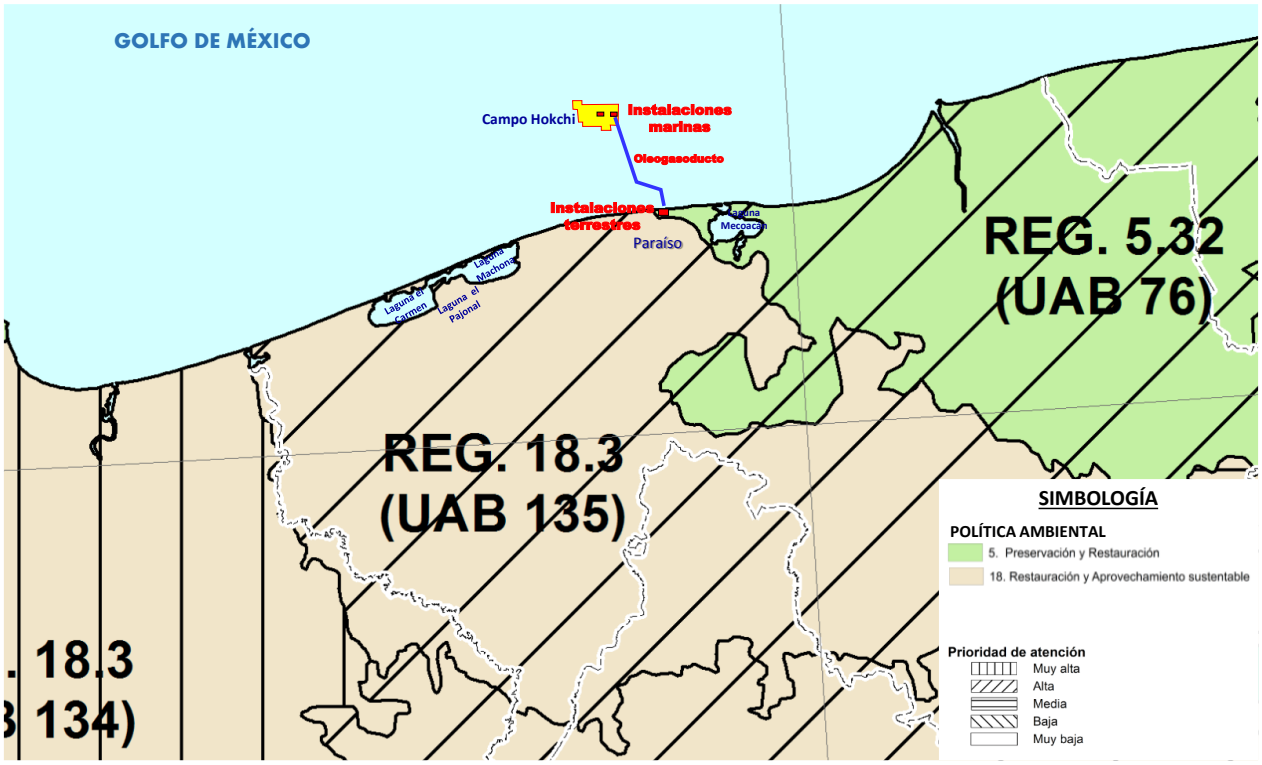


Figura III. 1 Ubicación del proyecto en el Ordenamiento Ecológico General del territorio

Para la UAB 76, el ordenamiento identificó los siguientes factores, los que tienen como finalidad el cumplimiento de las políticas ambientales (preservación, aprovechamiento sustentable y restauración) definidas para esta UAB:

- Rectores de desarrollo: Preservación de flora y fauna
- Coadyuvantes de desarrollo: Turismo
- Asociados del desarrollo: Agricultura y ganadería
- Otros sectores de interés: Minería

Asimismo a la UAB 76 le corresponden 23 estrategias sectoriales, de estas 23 solo dos le aplican al proyecto las cuales están descritas en el Cuadro III.1, las restantes 8 no son aplicables al proyecto debido a que no se refieren a actividades del proyecto.

Cuadro III. 1 Vinculación del proyecto con las estrategias aplicables al proyecto

Estrategias		Vinculación del proyecto
Preservación	1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad. 2. Recuperación de especies en riesgo. 3. Conocimiento análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. realizará sus obras o actividades en terrenos utilizados actualmente para agricultura y ganadería y de encontrarse con alguna especie en riesgo la recuperará.
Agua y Saneamiento	28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. 29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. cuenta con una Política de Operación Sustentable que incorpora los compromisos de la organización en materia de seguridad industrial, seguridad operativa, salud ocupacional y protección ambiental, y se encuentran formalizados en el sistema de administración, en el cual se incluye la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, donde se abordan no tan sólo soluciones de depuración de final de línea, sino también la utilización racional del agua desde dos puntos de vista preventivos: por un lado, la moderación del consumo y, por otro, la reducción de la contaminación.

Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMyMC)

Este ordenamiento es un instrumento de política ambiental nacional, publicado en el (DOF) el 24 de noviembre de 2012, cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas tanto en su porción terrestre como marina, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

El Área Sujeta a Ordenamiento Ecológico (ASO) tiene una extensión de 995,486 km², e incluye dos componentes; el terrestre denominado Regional con una extensión de 168,462 km², y el Marino con una extensión de 827,024 km². En la Figura III.2 se muestra el Área Sujeta a Ordenamiento Ecológico (ASO).

Este POEMRGMyMC, es un elemento integrador de políticas públicas que permite dar un marco coherente a las acciones que se ha comprometido México en materia de derecho marítimo, lucha contra la contaminación en los mares, protección de los recursos marinos y terrestres, combate a la marginación y orientación del desarrollo hacia la sustentabilidad, como signatario de gran cantidad de acuerdos internacionales.

Este ordenamiento define 203 Unidades de Gestión Ambiental (UGA), determinadas por su geomorfología, edafología, ecosistemas, estado de conservación y actividades antropogénicas.

El POEMRGMyMC para cada UGA define acciones generales y acciones específicas, las cuales tienen como objeto conservar los atributos naturales, o bien, para resolver de manera ordenada algunas de las problemáticas ya identificadas.



Figura III. 2 Área de Aplicación del Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe

La parte marina del proyecto se localiza dentro de la UGA 166 denominada Zona Marina de Competencia Federal y la parte terrestre en la UGA 70 llamada Cunduacan, en la Figura III.3 se presenta la ubicación de las instalaciones del proyecto con respecto al POEMRGMyMC.

Este ordenamiento establece 65 Acciones Generales aplicables a todas las UGAs (203) incluidas en el ordenamiento, una vez analizadas las 65 Acciones Generales, se identificaron solo 6 (seis) aplicables al proyecto (instalaciones marinas y terrestres), las restantes 59 Acciones Generales no son aplicables al proyecto debido a que se refieren a actividades no relacionadas con actividades petroleras, tales como pesqueras, turísticas, agropecuarias, de conservación, de infraestructura y asentamientos humanos. En el Cuadro III.2 se describe la vinculación con las Acciones Generales aplicables al proyecto.

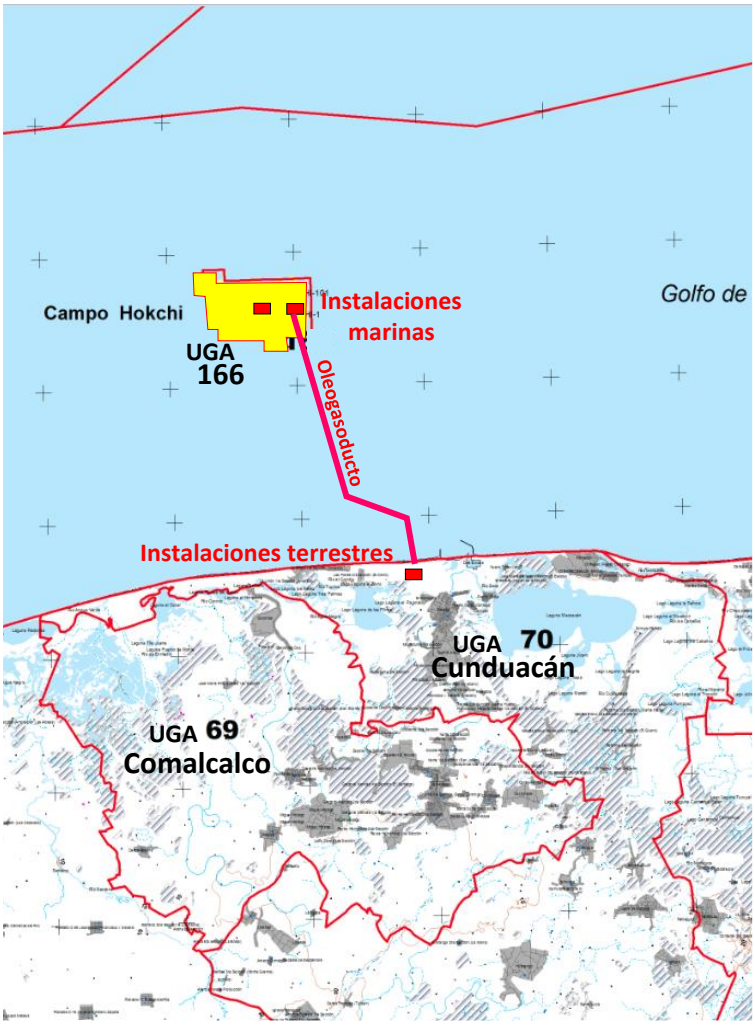


Figura III. 3 Ubicación del proyecto con respecto a las UGA´s de acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino Y Regional del Golfo de México y Mar Caribe

Cuadro III. 2 Vinculación de las Acciones Generales aplicables al proyecto.

Clave	Acciones Generales	Vinculación del proyecto
G001	Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.	En las actividades del proyecto se generarán aguas residuales en las embarcaciones que se descargarán previo tratamiento (reduciendo la concentración de DBO y DQO) para dar cumplimiento a las disposiciones del Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques (Marpol 73/78). En caso de que las embarcaciones no cuenten con planta de tratamiento, las aguas residuales se almacenarán hasta su tratamiento en tierra y posterior vertimiento de las mismas, de acuerdo con lo dispuesto en el convenio Marpol. Las descargas se ajustaran a las disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento para Cuerpos Receptores tipo A, a la Ley Federal en Materia de Derechos de Aguas y la NOM-001-

Clave	Acciones Generales	Vinculación del proyecto
		SEMARNAT-1996 que Establece los Límites Máximos Permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
G006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	Las emisiones a la atmósfera se reducirán mediante el mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de combustión, embarcaciones, vehículos y maquinaria pesada que utilicen combustibles fósiles, durante las etapas de preparación del sitio, construcción y mantenimiento.
G012	Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. para la ubicación de las instalaciones terrestres seleccionó sitios ya perturbados (derechos de vía existentes) y de escaso valor ambiental (agrícolas y ganaderos).
G040	Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. incluye en su Sistema de Administración de la Seguridad y Ambiental, los Procedimientos para la ejecución de auditorías internas y externas.
G053	Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. utilizará en sus procesos, en la medida de lo posible, aguas residuales tratadas.
G054	Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. incluye en el proyecto plantas de tratamiento para sus descargas: Planta de tratamiento de agua congénita, planta de tratamiento de drenajes sanitaros y planta de tratamiento de drenaje aceitoso.

Este ordenamiento incluye 100 Acciones Específicas, asimismo define para cada una de las UGAs cuales de estas 100 Acciones le aplican. Con respecto al proyecto, para la UGA 70 (instalaciones terrestres del proyecto) el ordenamiento indica que le aplican 68 Acciones Específicas y para la UGA 166 (instalaciones marinas del proyecto) se indica que le aplican 18.

El análisis de las Acciones Específicas aplicables a las UGAs donde se ubica el proyecto dio como resultado que para la UGA 70 en donde se ubican las instalaciones terrestres del proyecto le aplican 12 Acciones de las 68 que indica el ordenamiento que le pueden aplicar, las restantes 56 Acciones Específicas no le son aplicables al proyecto debido a que se refieren a actividades no relacionadas con las obras o actividades del proyecto, tales como actividades pesqueras, turísticas, agropecuarias, de conservación, infraestructura y asentamientos humanos. En el Cuadro III.3 se describe la vinculación de las once Acciones Específicas aplicables a las instalaciones del proyecto ubicadas en la UGA 70.

Cuadro III. 3 Acciones Específicas aplicables a la UGA 70 (instalaciones terrestres).

Clave	Acciones Generales	Vinculación del proyecto
A006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. realiza un manejo eficiente del agua en todos sus procesos y vigilará que sus contratistas apliquen buenas prácticas para un manejo eficiente del agua.
A018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059 SEMARNAT-2010).	El proyecto no contempla durante la etapa de preparación del sitio la afectación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la NOM-059 SEMARNAT-2010.
A021	Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO.	El proyecto considera tecnologías con mecanismos de control de emisiones y descargas para evitar o minimizar impactos al ambiente.
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	El proyecto considera durante todas sus etapas medidas para evitar la afectación de zonas y aguas costeras, asimismo incluye un monitoreo constante.
A023	Fomentar la aplicación de medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación in situ, en términos de la legislación aplicable.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. incluye en su Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISOPA), la Identificación de peligros y análisis de riesgos, Lineamientos y procedimientos para la prevención de accidentes y atención de emergencias, Procedimientos para el registro, investigación y análisis de incidentes y accidentes, así como la Identificación e incorporación de las mejores prácticas y estándares a nivel nacional e internacional.
A024	Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores cuando ello sea técnicamente viable.	El proyecto contempla tecnologías constructivas y de ingeniería para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire.
A025	Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.	El proyecto contempla dentro de su Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISOPA) la gestión adecuada de sus residuos peligrosos.
A026	Promover e impulsar el uso de tecnologías "Limpias" y "Ambientalmente amigables" en las industrias registradas en el ASO y su área de influencia. Fomentar que las industrias que se establezcan cuenten con las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.	El proyecto contempla tecnologías constructivas y de ingeniería para reducir la emisión de gases de efecto invernadero.
A046	Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de residuos de embarcaciones, en las porciones marinas tanto costeras como oceánicas.	Las embarcaciones utilizadas en las actividades del proyecto contarán con una planta de tratamiento de aguas residuales, el agua residual podrá ser descargada al mar al cumplir con la normatividad aplicable, por otro lado los lodos serán tratados como residuos y transportados a tierra para su tratamiento o disposición final.
A062	Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.	El proyecto contempla dentro de su Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISOPA) el Manejo Integral de los residuos tanto los de manejo especial como los peligrosos.

Clave	Acciones Generales	Vinculación del proyecto
A068	Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera.	El proyecto contempla dentro de su Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISOPA) el Manejo Integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial.
A069	Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar.	El proyecto contempla dentro de su Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISOPA) el Manejo Integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial.

Por otro lado el análisis de las Acciones Específicas aplicables a las UGAs donde se ubica el proyecto dio como resultado que para la UGA 166 en donde se ubican las instalaciones Marinas del proyecto le aplican 5 (cinco) Acciones de las 18 que indica el ordenamiento que le pueden aplicar, las restantes 13 Acciones Específicas no le son aplicables al proyecto debido a que se refieren a actividades no relacionadas con las obras o actividades del proyecto, tales como actividades pesqueras, turísticas, agropecuarias, de conservación, infraestructura y asentamientos humanos. En el Cuadro III.4 se describe la vinculación de las cinco Acciones Específicas aplicables a las instalaciones del proyecto ubicadas en la UGA 166.

Cuadro III. 4 Acciones Específicas aplicables a la UGA 166 (instalaciones marinas)

Clave	Acciones Generales	Vinculación del proyecto
A013	Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo.	Se dará cumplimiento a las disposiciones de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas.
A-018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059 SEMARNAT-2010).	Para evitar acciones de captura, caza, persecución, colecta y tráfico de especies de fauna se instruirá y difundirá a todo el personal participante del proyecto la prohibición de realizar estas actividades, así como la colocación de letreros de restricción de arrojar basura o algún otro material al medio marino.
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	Las aguas residuales generadas por las embarcaciones y plataformas serán tratadas a una planta de tratamiento, en donde se reducirán los niveles de fosfatos, nitratos y materia orgánica, así como de grasas y aceites.
A025	Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.	El proyecto establecerá un estricto manejo de residuos, que incluye contenedores adecuados, segregación por tipo y acopio temporal en sitios acondicionados para tal fin, asimismo a través de un contrato integral con contratistas autorizados el transporte al puerto de Dos Bocas para su tratamiento o disposición final, en estricto apego a la normatividad vigente.
A046	Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de	Las embarcaciones utilizadas en las actividades del proyecto contarán con una planta de tratamiento de aguas residuales, el agua residual podrá ser

Clave	Acciones Generales	Vinculación del proyecto
	residuos de embarcaciones, en las porciones marinas tanto costeras como oceánicas	descargada al mar al cumplir con la normatividad aplicable, por otro lado los lodos serán tratados como residuos y transportados al puerto de Dos Bocas para su tratamiento o disposición final.

Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (POEET)
El proyecto se encuentra dentro de la UGA: PAR-4PC, PAR significa que pertenece al municipio de Paraíso, 4 es un consecutivo y la PC del final indica que está clasificada como zona prioritaria de conservación.

Este Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco se compone de 156 criterios, los cuales se dividen en dos tipos: generales (90) y específicos (66). Los criterios generales tienen aplicación en todo el territorio del estado de Tabasco, mientras que los criterios específicos están orientados de acuerdo a la vocación del territorio y la política ambiental asociada a la actividad que se desee realizar considerando prioritariamente a condiciones hidrológicas y de vulnerabilidad ante eventos vinculados al cambio climático.

Los Criterios Generales aplicables al proyecto son 7 (siete) y corresponden a los correspondientes a la estrategia de seguimiento ambiental a las actividades de la industria petrolera y que se presentan en la Cuadro III.5.

Cuadro III. 5 Criterios Generales del POEET aplicables al proyecto

Clave de CRE	Acciones Generales	Vinculación del proyecto
147	El establecimiento de nueva infraestructura petrolera y mantenimiento deberá sujetarse a lo establecido en el marco normativo vigente y la autoridad competente	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. realiza todas las obras y actividades del proyecto en estricto cumplimiento al marco normativo vigente y a lo indicado por la autoridad competente
148	El establecimiento de líneas de descarga y de ductos deberá establecer medidas preventivas, de restauración y de compensación ambiental, con el propósito de mantener la salud de los ecosistemas, las escorrentías y la conectividad biológica	El proyecto no incluye líneas de descarga y los ductos incluidos en el proyecto serán enterrados y en derechos de vía existentes por lo que se mantendrá la salud de los ecosistemas, las escorrentías y la conectividad biológica
149	El establecimiento de caminos de acceso y de cualquier obra de infraestructura petrolera, deberá considerar medidas de prevención y mitigación para evitar la afectación a escurrimientos naturales, cuerpos de agua y servicios ambientales	El proyecto contempla la utilización de caminos de acceso existentes y para las obras incluidas en el proyecto se consideran medidas de prevención y mitigación para evitar la afectación a escurrimientos naturales, cuerpos de agua y servicios ambientales
151	Se deberá de cumplir con el resolutivo de impacto ambiental y las recomendaciones derivadas de la opinión en materia de ordenamiento ecológico regional.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. cumplirá estrictamente con el resolutivo de impacto ambiental y las recomendaciones derivadas de la opinión en materia de ordenamiento ecológico regional
152	La infraestructura petrolera que se pretenda realizar en humedales deberá de cumplir lo que marca la NOM-022-semarnat-2003 y lo que determine la autoridad ambiental correspondiente previa evaluación de los ecosistemas a afectar	El proyecto no considera realizar obras o actividades en humedales y dará estricto cumplimiento a lo que determine la autoridad ambiental correspondiente previa evaluación de los ecosistemas a afectar
154	Los residuos que se generen dentro de las instalaciones petroleras, se sujetarán a la legislación ambiental aplicable	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. implantará un plan de manejo de residuos el cual cumplirá estrictamente con la legislación ambiental aplicable

Clave de CRE	Acciones Generales	Vinculación del proyecto
155	Las emisiones a la atmósfera producto de la actividad petrolera, se sujetarán a la Legislación Ambiental aplicable y al Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Tabasco (P.E.C.C.).	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. se sujetará estrictamente a la normatividad ambiental aplicable en materia de emisiones, así como al Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Tabasco

Con respecto a los Criterios Específicos aplicables al proyecto estos están divididos en:

- Criterios Específicos de Regulación Ecológica para aplicarse a las UGA´s de acuerdo a las Actividades Productivas
- Criterios Ecológicos Específicos para el establecimiento de infraestructura y asentamientos humanos que deben aplicarse a las UGA´s de acuerdo a su Política Ambiental

Los Criterios Específicos aplicables al proyecto de acuerdo a su actividad productiva están divididos en: acuícola, agrícola, forestal, pecuario y PEMEX. Para el caso de este proyecto cuyo giro es la industria de los hidrocarburos le corresponden los denominados PEMEX, por lo que solo le corresponden dos criterios específicos, cuya vinculación se indica en el Cuadro III.6.

Cuadro III. 6 Criterios Específicos aplicables al proyecto por Actividad Productiva

Clave de CRE	Acciones Generales	Vinculación del proyecto
145	El establecimiento de nueva infraestructura petrolera en las UGA´s prioritarias de conservación y de conservación deberá asegurar : 1) que las actividades no ocasionen más del 20% de la fragmentación de la vegetación existente (a excepción del manglar que se regirá por la NOM-022-SEMARNAT-2003) por polígono y proyecto, garantizando la conectividad de las especies de fauna en el 80% restante; 2) manteniendo la salud de los ecosistemas y 3) mantener escorrentías en cuanto a su calidad y cantidad sin ocasionar alteraciones en su dirección, como medidas de prevención y mitigación para disminuir los impactos significativos durante su realización y operación.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. realiza todas las obras y actividades del proyecto en estricto cumplimiento al marco normativo vigente y lo indicado por la autoridad competente. Cabe mencionar que el proyecto no incluye actividades en manglar.
150	Se deberá emplear el método de perforación direccional controlada cuando el tendido de las líneas o ductos, atraviesen ríos, cuerpos de agua, vegetación de manglar, selvas, y utilizar preferentemente sitios ya impactados y/o infraestructura existente para las peras de lanzamiento y/o recibo, así como área de lingada.	El proyecto considera que para el arribo a la costa de los ductos marinos sea mediante el método de perforación direccionada.

Por otro lado los Criterios Específicos por política ambiental están clasificados en áreas naturales protegidas, prioritaria de conservación, conservación restauración, protección hidrológica y aprovechamiento sustentable.

Y para la UGA PAR-4PC, en la cual está ubicado el proyecto, le corresponden nueve criterios de regulación ecológica para infraestructura y tres para asentamientos humanos. De estos criterios ninguno aplica a las actividades del proyecto debido a que se refieren específicamente a actividades relacionadas con el manejo de flora, fauna, vías de comunicación, turismo y población.

Cabe mencionar que el ordenamiento indica un criterio aplicable por infraestructura y asentamientos humanos que se refiere a la industria petrolera y que no aplica al proyecto, el cual indica que: *"Queda prohibido el establecimiento de termoeléctricas, hidroeléctricas, generadores de energía eólica y refinerías en las UGA´s prioritarias de conservación, de conservación, cuerpos de agua, restauración, y áreas naturales protegidas*".

Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas

El sitio del proyecto no se encuentra dentro de un área natural protegida decretada, las más cercanas se encuentran muy retiradas del sitio, el área natural protegida federal Pantanos de Centla se encuentra a 45 kilómetros al Este y la reserva ecológica estatal Río Playa se encuentra a 25 Km aproximadamente al Sureste del área del proyecto, debido a esto no se prevé alguna interacción del proyecto con estás áreas, ver Figura III.4.



Figura III. 4 Áreas naturales protegidas cercanas al proyecto

Regiones prioritarias

La acelerada pérdida y modificación de los sistemas naturales que ha presentado México durante las últimas décadas requirió con urgencia, que se fortalecieran esfuerzos de conservación de regiones con alta biodiversidad.

En este contexto La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha impulsado un programa de identificación de regiones prioritarias para la biodiversidad, el cual tiene como objetivo la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad, clasificando estas regiones en:

- Regiones Marinas Prioritarias (RMP)
- Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

- Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)
- Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)

Para estas regiones se definieron las áreas de mayor relevancia en cuanto a las riquezas de especies, presencia de organismos endémicos y áreas con un mayor nivel de integridad ecológica, así como aquéllas con mayores posibilidades de conservación en función a aspectos sociales, económicos y ecológicos.

El análisis de la ubicación del proyecto con respecto a estas regiones prioritarias nos indica que el proyecto se encuentra dentro de la Región Marina Prioritaria 53 (ver Figura III.5).

La CONABIO ha clasificado a la RMP Pantanos Centla - Laguna de Términos con las categorías AA (áreas que presentan alguna amenaza para la biodiversidad), AB (áreas de alta biodiversidad) y AU (áreas de uso por sectores).

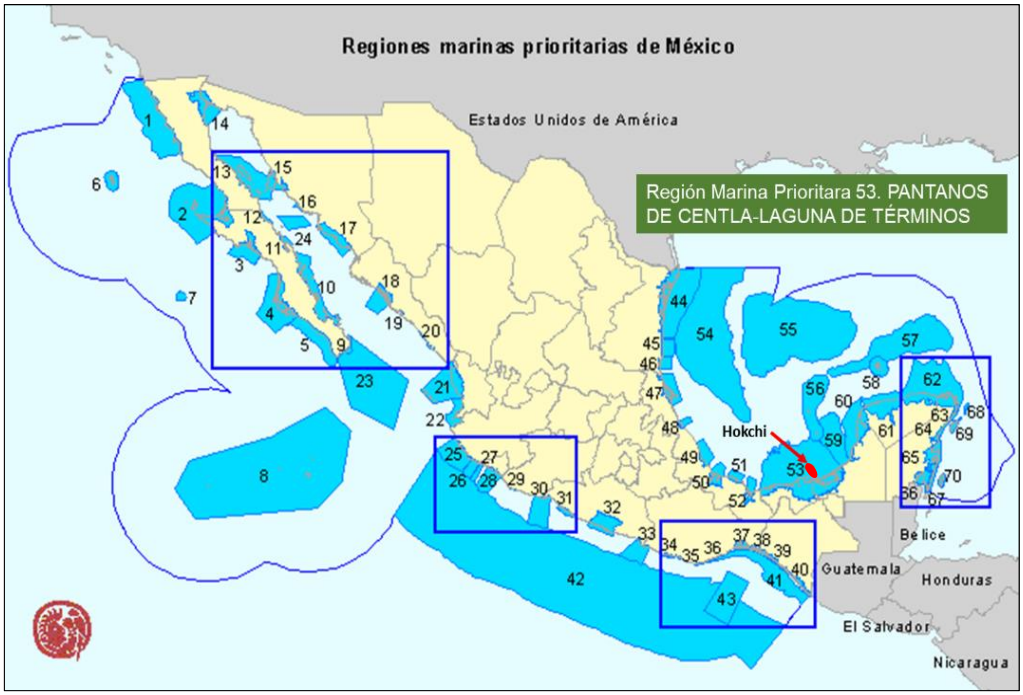


Figura III. 5 Regiones Marinas Prioritarias de México

La vinculación de este proyecto con esta RMP 53 se muestra en el Cuadro III.7, donde se indica la forma en la que HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. aplicará medidas de mitigación y acciones tendientes a la disminución de impactos, y de esa manera no contribuir a la problemática que presenta esta RMP.

Cuadro III. 7 Acciones tendientes a la disminución de impactos del proyecto en la RMP 53

Problemática	Vinculación del proyecto
Modificación del entorno: por tala de manglar, relleno de áreas inundables, desvío de cauces, descargas de agua dulce. Daño por embarcaciones (petroleros, pesqueros). Impactos ambientales por actividades de exploración y producción petrolera.	• Las emisiones a la atmosfera serán mantenidas en un mínimo mediante la utilización de equipos con condiciones técnicas específicas y adecuadas para el servicio requerido, así como con la implementación y ejecución del programa de mantenimiento preventivo de los equipos de combustión y embarcaciones. • Las aguas residuales de las plataformas y de las embarcaciones se descargarán, previo tratamiento, dando cumplimiento a las disposiciones del Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques (Marpol 73/78). Para el caso de embarcaciones que no cuenten con planta de tratamiento o no puedan cumplir con lo dispuesto, las aguas residuales se almacenarán hasta su descarga en tierra para su tratamiento, previo al vertimiento de las mismas, de acuerdo con lo dispuesto en el convenio Marpol. Adicionalmente, todas las descargas se ajustaran a las disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento para Cuerpos Receptores tipo A, a la Ley Federal en Materia de Derechos de Aguas y la NOM-001-SEMARNAT-1996 que Establece los Límites Máximos Permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. • El proyecto no contempla tala de manglar, relleno de áreas inundables o desvío de causes y descargas de agua dulce.
Contaminación por desechos sólidos, aguas residuales, petróleo, agroquímicos, fertilizantes, metales y desechos industriales. Impactos negativos al ambiente por actividades petroleras. Arrastre de plaguicidas y sedimentos de zonas circundantes por los campos arroceros y la desforestación.	• Los residuos sólidos no peligrosos tanto de las instalaciones marinas como terrestres son separados, clasificados y transportados para reciclaje o disposición final, solo los restos de comida generados en las embarcaciones son vertidos al mar, después de pasar por un proceso de trituración, donde los trozos no sobrepasen los 25 mm, para que puedan ser consumidos por la fauna marina (MARPOL 73/78). • En instalaciones marinas el proyecto considera que las aguas residuales se descargarán, previo tratamiento, para dar cumplimiento a las disposiciones del Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques (Marpol 73/78). En caso de que las embarcaciones no cuenten con planta de tratamiento o no puedan cumplir con lo dispuesto, las aguas residuales se almacenarán hasta su descarga en tierra para su tratamiento, de acuerdo con lo dispuesto en el convenio Marpol. • El proyecto cuenta con charolas de contención para la captación de derrames confinados en la propia plataforma, adicionalmente HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. considera los lineamientos que se establecen en el Plan Nacional de Contingencias para combatir Derrames de Hidrocarburos y otras Sustancias Nocivas al Mar, plan que tiene como coordinador general a la Secretaria de Marina a través de su Dirección General de Protección al Medio Ambiente Marino e incluye la contención de hidrocarburos mediante barreras marinas auto inflables, barrera lacustre y su recuperación mecánica a través de equipos denominados “skimmers” o discos oliofólicos. • El proyecto no generará contaminación por desechos agroquímicos, fertilizantes, metales y desechos industriales, arrastre de plaguicidas y sedimentos de zonas circundantes por los campos arroceros y la desforestación, por ser una actividad petrolera.

Problemática	Vinculación del proyecto
Uso de recursos: actividad ganadera extensiva en zonas inundables de Tabasco. Presión del sector pesquero sobre el camarón blanco, almejas y ostión. Especies en peligro: pejelagarto, cacerolita *Limulus polyphemus* (merostomado) y *Habenaria bractecens* (orquídea). Tráfico de especies, pesca ilegal, arrastres y fauna de acompañamiento.	• El personal participante en el proyecto será capacitado sobre protección ambiental, con énfasis en especial en el cuidado de la biodiversidad. Esta capacitación está prevista en el Procedimiento de Gestión Preparación y Respuesta a Emergencias. HOK-HSSE-PG-006. Asimismo se vigilará que el personal no realice actividades de captura, pesca, persecución, cacería, colecta y comercio ilegal de la fauna existente en la zona.

Por otro lado del análisis de la ubicación del proyecto con respecto a las regiones prioritarias, no se encontró alguna otra región prioritaria en la que se ubique el proyecto (ver Figura III.6), asimismo no se identifica influencia de las instalaciones del proyecto con las regiones prioritarias más cercanas, lo que se describe a continuación.



Figura III. 6 Regiones Marinas Prioritarias de México cercanas al Proyecto

Las instalaciones terrestres del proyecto se encuentran a aproximadamente 40 metros al Oeste de la Región Hidrológica Prioritaria 90, Laguna de Términos – Pantanos de Centla, esta RHP presenta una problemática muy similar a la reportada para RMP 53 dentro de la que se encuentra el proyecto por lo que las acciones del proyecto tendientes a disminuir los impactos a la RMP también aplican a la RHP.

En cuanto a las otras regiones prioritarias cercanas al proyecto, se tiene que la Región Terrestre Prioritaria 144 Pantanos de Centla se encuentra a 15 Km al Este del área del proyecto y que el Área de Importancia para la Conservación de las Aves 156, Pantanos de Centla, se encuentra a 6 Km también al Este del área del proyecto, para estas regiones no se identificaron obras o actividades del proyecto que incrementen la problemática presentada por estas regiones prioritarias.

Planes o programas de desarrollo urbano Municipales

El municipio de Paraíso, Tabasco en el que se ubicará el proyecto actualmente cuenta con su Plan Municipal de Desarrollo 2016-2018 Paraíso, Tabasco. Este plan no cuenta con un apartado sobre usos destinos y reservas, asimismo no incluye lineamientos específicos para el desarrollo urbano, servicios e industrial.

Cabe mencionar que solo se encuentra publicado en el Periódico Oficial del Estado de Tabasco del 20 de abril de 1994, una versión abreviada de la actualización del programa de desarrollo urbano del centro de población Paraíso, Tabasco, el cual incluye un plano de Usos, Destinos y Reservas para la parte urbana de esa época, que no incluye la parte correspondiente a la zona de Dos Bocas.

Normas Oficiales Mexicanas

En el siguiente Cuadro III.8 se incluye la vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

Cuadro III. 8 Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas

NORMA	REGULACIÓN	VINCULACIÓN
RUIDO		
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. contempla en el diseño de sus instalaciones el cumplimiento de los requerimientos de esta norma.
AGUA		
NOM-001-SEMARNAT-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	Para la descarga de agua residual al mar, HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. cubrirá estrictamente con los límites establecidos en esta norma.
NOM-003-CONAGUA-1996	Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. cubrirá estrictamente con estos requisitos durante la construcción del pozo para abastecer su sistema de agua potable.
NOM-143-SEMARNAT-2003	Que establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociada a hidrocarburos.	El agua congénita generada por el proyecto será inyectada al campo Hokchi como agua de inyección como un procedimiento de recuperación secundaria.
RESIDUOS		
NOM-EM-005-ASEA-2017	Que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial del sector hidrocarburos y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V implantará un plan de manejo integral de residuos el cual aplicará a todas sus instalaciones y cumplirá con todos los requisitos de esta norma.
NOM-004-SEMARNAT-2002	Protección ambiental.- lodos y biosólidos.- especificaciones y límites máximos	Para la descarga de los lodos de los sistemas de tratamiento

NORMA	REGULACIÓN	VINCULACIÓN
	permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.	de aguas HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. cubrirá estrictamente con los límites establecidos en esta norma.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	El manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos generados se llevara a cabo en cumplimiento a lo dispuesto por la normatividad vigente.
NOM-053-SEMARNAT-1993	Procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	
NOM-054-SEMARNAT-1993	Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.	
PROTECCIÓN DE ESPECIES		
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.	Principalmente durante las actividades de preparación del sitio el proyecto dará cumplimiento estrictamente a esta Norma
IMPACTO AMBIENTAL		
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. cumplirá estrictamente con los requisitos mínimos y especificaciones técnicas de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al medio ambiente, durante el Diseño, Construcción, Pre-arranque, Operación, Mantenimiento, Cierre y Desmantelamiento de los sistemas de Transporte de Gas Natural incluidos en el proyecto.
NOM-022-SEMARNAT-2003	Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	El proyecto no generará ninguna afectación directa a algún tipo de manglar
NOM-117-SEMARNAT-2006	Que establece las especificaciones de protección ambiental durante la instalación, mantenimiento mayor y abandono, de sistemas de conducción de hidrocarburos y petroquímicos en estado líquido y gaseoso por ducto, que se realicen en derechos de vía existe	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. cumplirá estrictamente con las especificaciones requeridas por la norma durante la instalación, mantenimiento mayor y abandono sus ductos los que que serán instalados en derechos de vía existentes.
NOM-130-SEMARNAT-2000	Protección ambiental-sistemas de telecomunicaciones por red de fibra óptica-especificaciones para la planeación, diseño, preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. cumplirá estrictamente con las especificaciones requeridas por esta norma durante la planeación, diseño, preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de sus

NORMA	REGULACIÓN	VINCULACIÓN
		sistemas de telecomunicaciones por sed de fibra óptica.
NOM-149-SEMARNAT-2006	Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación, mantenimiento y abandono de pozos petroleros en las zonas marinas mexicanas.	El proyecto cumplirá estrictamente con lo que esta norma durante sus actividades de perforación, mantenimiento y abandono de sus pozos petroleros en las zonas marinas mexicanas.
NOM-165-SEMARNAT-2013	Que establece la lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes.	HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. cumplirá puntualmente con el reporte de sus sustancias contaminantes emitidas al ambiente: aire, agua, suelo y subsuelo o que son transferidas en el agua residual y/o en los residuos peligrosos.
SUELO		
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	Durante las actividades de abandono del sitio, de aplicar esta noma, HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V., dará cumplimiento a esta Norma

Otros instrumentos

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

La Constitución Política en su Art. 27 y en relación con el proyecto señala que *"Corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas; de todos los minerales o substancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos… el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos; y el espacio situado sobre el territorio nacional, en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional….*

Asimismo señala que *"El dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes"*, tal y como es como es el caso de este proyecto el cual está asociado al Contrato de Extracción de Hidrocarburos firmado entre la CNH y Hokchi Energy (Contrato: CNH-R01-L02-A2/2015).

Así mismo, el artículo 73 Fracción XXIX-G de la Constitución Política establece las bases para la creación de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), en la cual en su Artículo: 28 Fracciones II, VII, X, XI señala la necesidad de una manifestación de impacto ambiental para las obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente.

Con lo anterior, este proyecto cumple con lo ahí dispuesto al presentarse la solicitud de autorización mediante la presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional.

Ley General de Vida Silvestre y Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La Ley General de Vida Silvestre, indica en su Artículo 1o. que *"La presente Ley es de orden público y de interés social, reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales.* El objetivo de esta ley es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

La ley indica que el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y no maderables y de las especies cuyo medio de vida total sea el agua, será regulado por las leyes forestales y de pesca, respectivamente, salvo que se trate de especies o poblaciones en riesgo cuya regulación será a través de la NOM-059-SEMARNAT-2010.- Protección ambiental - especies nativas de México de flora y fauna silvestres - categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - lista de especies en riesgo.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, esta ley también reglamentaria del Artículo 27 de constitucional y cuyo objetivo es regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, las entidades federativas y los Municipios

Para el caso de esta ley, esta sería aplicable solo si el proyecto se ubicara en un predio con uso forestal o con abundante vegetación espontánea. Sin embargo, de acuerdo a la cartografía de uso de suelo (Ver Anexo 2) el predio adquirido por Hokchi Energy está localizado en una zona agrícola donde la vegetación presente obedece a la actividad humana y en consecuencia dicha Ley no es aplicable.

Ley de Aguas Nacionales (LAN)

Esta ley en su artículo 17, segundo párrafo indica que "*No se requerirá concesión para la extracción de aguas marinas interiores y del mar territorial, para su explotación, uso o aprovechamiento, salvo aquellas que tengan como fin la desalinización, las cuales serán objeto de concesión.",* el proyecto incluye una toma de agua de mar, la cual será tratada para finalmente sr inyectada a los pozos.

Asimismo el artículo 20, indica que *"De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas."*, para lo cual el proyecto solicitará una concesión para la obtención de agua para su sistema terrestre de agua potable.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Esta ley indica que *"Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación…."*, por lo que este

proyecto implantará un plan de manejo integral de residuos que incluye todas sus instalaciones tanto marinas como terrestres dando cumplimiento a esta ley.

Ley General de Cambio Climático

Esta ley en su artículo 1º, establece que *"La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico."* y en su artículo 2º, indica que *"Esta ley tiene por objeto: Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero;"* así como *"Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma"*, HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. cumplirá puntualmente con los requerimientos de esta ley.

Reglamentos de la LGEEPA y Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del registro nacional de Emisiones

Los reglamentos de la LGEEPA relacionados con el proyecto son primeramente: en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental y en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, para los cuales el proyecto cumplirá con los lineamientos especificados y cabe mencionar que la elaboración de esta MIA es parte de los requerimientos del reglamento en materia de impacto ambiental.

Con respecto al reglamento en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales, no obstante que su aplicación es voluntaria, HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V., tiene contemplado inscribir sus instalaciones al programa voluntario de Auditoría Ambiental.

Y finalmente en referencia al Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones, HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. cumplirá estrictamente con el registro de sus emisiones.

Convenios o tratados internacionales

En materia de protección al medio ambiente, México se encuentra adscrito a múltiples tratados y convenios internacionales, de los cuales se identificaron los que pueden tener alguna vinculación con este proyecto los que se describen en este apartado.

La jerarquía de estos instrumentos legales se encuentra fundamentada en el Art. 133 Constitucional donde se señala que: La Constitución, las Leyes Federales, y los Tratados Internacionales celebrados con aprobación del Senado, serán la *"Ley suprema de toda la Unión"*.

Los convenios analizados con probable vinculación con el proyecto son:

- Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- Protocolo de Kioto
- Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL).
- Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención de Ramsar)
- Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)
- Convención sobre la Diversidad Biológica

Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
De acuerdo al Art. 2 del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el objetivo de este es *"lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible"*.

De lo anterior, este proyecto implementa tecnologías eficaces y amigables con el medio ambiente así como medidas de prevención y mitigación que disminuyen de manera significativa las posibles emisiones a la atmósfera de sus actividades, por lo que aunado a que en cada etapa del proyecto se dará cumplimiento a los instrumentos legales aplicables para lograr este objetivo, se considera que el proyecto es acorde a las directrices de este Convenio.

Protocolo de Kioto
Este es un instrumento internacional que estableció metas obligatorias para los países industrializados en relación con las emisiones y creó mecanismos innovadores para ayudar a estos países a cumplir esas metas. Entró en vigor el 18 de noviembre de 2004, entre ellas un número suficiente de países industrializados, que tienen metas concretas que cumplir, que representaban el 55% de las emisiones de dióxido de carbono de ese grupo en 1990, siendo el objetivo supremo de la Convención la de estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida que el clima se perjudique.

El Artículo 2 del Protocolo de Kioto cita que *"Con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las Partes incluidas en el anexo I, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3 … aplicará• y/o seguirá• elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales"*, identificándose las siguientes aplicables al proyecto.

i) Fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional.
vii) Medidas para limitar y/o reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en el sector del transporte.

Así mismo, respecto al artículo 3 de este Protocolo, se menciona que México al ser un país en vías de desarrollo es considerado un país no-Anexo por lo que no se tiene compromisos cuantitativos de reducción de emisiones, aunque se comparten los compromisos aplicables a todas las partes de la convención, entre los que figuran actividades de planeación, implementación de acciones y educación y difusión del conocimiento.

Como se mencionó previamente, el proyecto implementa tecnologías eficaces y amigables con el medio ambiente así como medidas de prevención y mitigación que disminuyen de manera significativa las posibles emisiones a la atmósfera de sus actividades.

Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL)
La Conferencia Internacional sobre Contaminación del Mar en 1973 fue convocada por la Organización Marítima Internacional (OMI) y en ella se aprobó el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL).

El convenio MARPOL se promulgó con el fin de establecer medidas de seguridad para la navegación y consiste en un conjunto de artículos y protocolos referidos a informes sobre incidentes, relacionados con sustancias dañinas.

México ratificó su ingreso a este convenio el 21 de octubre de 2014, reconociendo la importancia del convenio internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos.

Las partes se comprometen a cumplir las disposiciones del Convenio y de aquellos Anexos por los que estén obligados, a fin de prevenir la contaminación del medio marino provocada por la descarga de sustancias perjudiciales, o de efluentes que contengan tales sustancias, en trasgresión del Convenio.

Las actividades del proyecto para sus instalaciones marinas serán apoyadas en todas sus etapas (preparación del sitio, construcción operación, mantenimiento y abandono) por embarcaciones las que deberán cumplir estrictamente con este convenio, asimismo HOKCHI ENERGY, S.A. de C.V. mantendrá una estricta supervisión sobre los contratistas proveedores del servicio de las embarcaciones con el fin de dar cumplimiento a este convenio.

Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Ramsar)
Bajo el objetivo de lograr "la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo", Esta Convención sobre los Humedales (también conocida como “Convención de Ramsar") entró en vigor en 1975; México forma parte teniendo inscritos 142 sitios RAMSAR, con unas superficie de 8,643,580 hectáreas.

El sitio donde será ubicado el proyecto no afecta ningún sitio RAMSAR.

Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna de Fauna y Flora Silvestres (CITES)

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres entró en vigor el 1 de julio de 1975. México se adhirió a CITES el 2 de julio de 1991, entrando en vigor para nuestro país el 30 de septiembre de 1991.

Con el objetivo de *"Conservar la diversidad biológica y contribuir a su utilización sostenible, velando por que ninguna especie de fauna o flora silvestres se someta o se siga sometiendo a una explotación insostenible debido al comercio internacional, contribuyendo así a una reducción considerable del índice de pérdida de biodiversidad y aportando una contribución significativa para lograr las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica relevantes"*, la CITES regula la exportación, reexportación, importación o introducción procedente del mar de especímenes de aquellas especies de animales y plantas enlistadas en alguno de sus tres Apéndices.

En México se han promulgado leyes y normas que garantizan el cumplimiento del convenio, tal es el caso de la Ley General de Vida Silvestre, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y NOM-059-SEMARNAT-2010, a las cuales el proyecto dará estricto cumplimiento.

Convención sobre la Diversidad Biológica

En este convenio se reconocen como objetivos: *"la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante, entre otras cosas, un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como mediante una financiación apropiada"*

En respuesta a los compromisos establecidos al ratificar el Convenio en 1993, México cuenta actualmente con un Estudio de País y con una Estrategia Nacional sobre biodiversidad. El texto de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad fue publicado en el año 2000 por la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), actualmente dicho convenio cuenta con 193 partes contratantes.

En México se han promulgado leyes y normas que garantizan el cumplimiento del convenio, tal es el caso de la Ley General de Vida Silvestre, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y NOM-059-SEMARNAT-2010, a las cuales el proyecto dará estricto cumplimiento.

CONTENIDO

Descripción	Página
IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN.	16
Generalidades	16
Definición del Área del Proyecto (AP) y Área de Influencia Directa (AID)	16
Sistema Ambiental Regional (SAR)	17
IV.1 Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto.	18
IV.1.1. Simulación Numérica de Derrame de Hidrocarburos en el Mar	19
IV.1.2. Monitoreo de Calidad del Aire Regional (terrestre) y monitoreo de la pluma global de dióxido de azufre (marino)	19
IV.1.3. Unidades Ambientales Biofísicas del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)	19
IV.1.4. Unidades de Gestión Ambiental del Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (OEMRGMMC)	19
IV.1.5. Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (POEET)	19
IV.1.1. Simulación Numérica de Derrame de Hidrocarburos en el Mar	19
Resultados de la modelación con GNOME	22
IV.1.2. Monitoreo de Calidad del Aire Regional y monitoreo de la pluma global de dióxido de azufre	22
Monitoreo de la pluma global de dióxido de azufre	24
Resultados del monitoreo de calidad del aire y monitoreo global de dióxido de azufre (SO2)	26
IV.1.3. Unidades Ambientales Biofísicas del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)	28
IV.1.4. Unidades de Gestión Ambiental del Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (OEMRGMMC)	29
IV.1.5. Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (POEET)	30
Resumen de la Delimitación del Sistema Ambiental Regional	31
IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental	34
IV.2.1 Aspectos abióticos	34
a) Clima	**34**
Temperatura	35
Humedad relativa y evaporación	35
Velocidad de vientos	36
Fenómenos climatológicos	36

Huracanes. 36
Sequías 40
Nortes 41
b) Geología y geomorfología 41
Características litológicas del área 41
Geología regional 44
Estratigrafía 45
Morfología y Características del relieve 47
Fallas y Fracturas 49
Sismicidad 52
Deslizamientos, Derrumbes y otros movimientos de tierra o raca. 54
Inundaciones y Vulnerabilidad ante el cambio climático 54
Posible actividad volcánica. 58
c) Suelos 59
Tipos de suelo en el predio del proyecto y SAR (FAO-UNESCO e INEGI) 59
Caracterización de la zona terrestre 60
Resultados de la caracterización de suelos 63
Capacidad de Intercambio Catiónico. 63
Materia Orgánica. 63
Hidrocarburos en suelos. 63
Hidrocarburos aromáticos policíclicos en suelos. 64
Bifenilos Policlorados en suelos. 65
Metales en suelos. 65
Muestreo de suelo en presas identificadas cercanas al Predio 66
Resultados 67
d) Hidrología superficial y subterránea 67
Recursos hidrológicos localizados en el área de estudio. 67
Hidrología superficial en zona costera 67
Uso del agua 69
Vulnerabilidad de los cuerpos de agua superficial 69
• Análisis de la calidad del agua 70
Hidrología subterránea 71
El acuífero 27-02 “La Chontalpa” 72
La calidad del agua del acuífero 72
Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea 73
El Acuífero 27-04 “Centla” 73
Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea 73
Zona costera y sistema lagunar 74

Fisiografía; batimetría y Corrientes marinas. 74
Dirección y velocidades viento y corrientes marinas 79
Temporada de estiaje 79
Temporada de Lluvias 81
Temporada de nortes 82
Evaluación del ambiente marino 84
Campaña oceanográfica del Proyecto 84
Fuentes de influencia preexistentes 87
Caracterización de la calidad del agua (Marino y terrestre) 88
Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) 88
Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP) 88
Biomarcadores del petróleo (BMK) 89
Hidrocarburos monoaromáticos BTEX 90
Metales 90
Calidad del sedimento 93
Granulometría 93
Potencial RedOx 94
Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) 95
Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP) 95
Biomarcadores del petróleo (BMK) 95
Metales 95
Factores de Enriquecimiento (FE) e Índice de Geoacumulación (Igeo) 103
Batimetría del sistema lagunar 108
Sistema lagunar El Carmen, Pajonal y La Machona 108
Sistema lagunar Mecoacán 109
Calidad de agua en los Sistemas Lagunares Costeros (SLC) del SAR 111
Salinidad 115
Potencial de hidrógeno (pH) 118
Temperatura del agua 119
Oxígeno Disuelto 120
Solidos Suspendidos Totales (SST). 121
Turbidez 123
Nutrientes 125
Amonio 125
Nitritos 125
Nitratos 125
Fosfatos 126
Sílice 126

Carbono Orgánico Total 128
Pigmentos fotosintéticos: Clorofilas a, b, c y feofitinas. 129
Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) 133
Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP) 133
Biomarcadores del petróleo 134
Hidrocarburos monoaromáticos BTEX 134
Metales 134
Calidad del sedimento 143
Granulometría 143
Textura del sedimento 144
Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) 146
Biomarcadores del petróleo 150
Metales 151
Factores de Enriquecimiento (FE) e Índice de Geoacumulación (Igeo) 155
Conclusiones (metales, HC) 158
IV.2.2 Aspectos bióticos 159
a) Vegetación terrestre 159
Métodos de muestreo de vegetación terrestre 160
Análisis de información de vegetación 161
Caracterización de vegetación en “Áreas de las instalaciones terrestres” 162
Palmar cultivado 162
Pastizal cultivado e inducido: 163
Dunas costeras 164
Vegetación acuática 165
Vegetación secundaria o Acahual 165
Vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR). 166
Vegetación acuática 166
Pastizal cultivado e inducido 167
Manglar 168
Palmar cultivado 171
Vegetación secundaria o Acahual 172
Composición florística. 172
Distribución de la vegetación 173
Densidad 173
Índices de Diversidad y Dominancia 175
Especies en el área del Proyecto (Planta Hokchi y Estación de medición) 176
Especies endémicas 178
b) Fauna 178

Métodos de muestreo de fauna terrestre 178
Aves estaciones de monitoreo 178
Mamíferos búsqueda directa 179
Anfibios y reptiles transectos 179
Composición y estructura de la fauna presente en el SAR del Proyecto 179
Riqueza 180
Abundancia 180
Diversidad y similitud 182
Distribución 183
Reproducción Aves 184
Mamíferos 186
Anfibios 187
Reptiles 188
Especies amenazadas y en peligro en el SAR definido (Fuera del área del Predio) 188
Especies endémicas 189
Especies migratorias 189
Especies en veda 190
Fauna de valor científico o comercial 191
Fauna de consumo local 194
Fauna nociva 195
Dinámica del ecosistema 197
Biota marina 199
Fitoplancton 200
Zooplancton 201
Bentos 201
Macrobentos 203
Necton. 204
Especies en peligro (NOM-059-SEMARNAT-2010) del Sistema marino 205
Tortugas Marinas. 206
IV.2.3 Paisaje 208
Metodología de evaluación 208
Visibilidad 212
Calidad paisajística (Visual) 212
Evaluación 215
Fragilidad del paisaje 215
Conclusión 218
IV.2.4 Factores Socioeconómicos del SAR (Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla) 219
Municipio de Paraíso 219

Población y demografía municipal 220
Tendencia de crecimiento poblacional 220
Población indígena 221
Índice de migración 222
Población económicamente activa 222
Sector productivo 223
Sector Pecuario 225
Vivienda y pobreza a nivel municipal 226
Analfabetismo 226
Marginación y rezago social 226
Cultural 227
Municipio de Cárdenas 228
Población y demografía municipal 229
Tendencia de crecimiento poblacional 229
Población indígena 231
Índice de migración 232
Población económicamente activa 232
Sector productivo 233
Vivienda y pobreza a nivel municipal 236
Analfabetismo 236
Marginación y rezago social 236
Cultural 237
Municipio de Comalcalco 238
Población y demografía municipal 239
Tendencia de crecimiento poblacional 239
Población indígena 241
Índice de migración 242
Población económicamente activa 242
Sector productivo 243
Vivienda y pobreza a nivel municipal 245
Analfabetismo 246
Marginación y rezago social 246
Cultural 246
Municipio de Centla 247
Población y demografía municipal 247
Tendencia de crecimiento poblacional 248
Población indígena 250
Índice de migración 251

Población económicamente activa 251
Sector productivo 252
Vivienda y pobreza a nivel municipal 254
Analfabetismo 255
Marginación y rezago social 255
Cultural 255
Conclusión 256
IV.2.5 Diagnóstico ambiental 257
Análisis de la información e integración 257
Ordenamientos Ecológicos y UGA´s incluidos en el SAR 258
Resultados de los modelos de trayectoria de derrame de hidrocarburos en el mar (GENOME) 258
Aspectos Abióticos 261
Clima 261
Calidad del Aire 261
Geología y Geomorfología 261
Sismicidad 263
Inundaciones y Vulnerabilidad ante el cambio climático 263
Suelos 263
Hidrología Superficial 266
Resultados de calidad del agua (Sistema Lagunar) 267
Resultados de calidad del agua (Sistema marino) 270
Hidrología Subterránea 272
Aspectos bióticos 273
Vegetación y Fauna terrestre 273
Vegetación en el Área del Proyecto: 273
Biota 274
Paisaje 276
Factores Socioeconómicos 277

FIGURAS

Descripción	Página
Figura IV. 1 Área del Proyecto (Plataformas, ductos, Planta y Estación de medición), Área de Influencia Directa (AID)	17
Figura IV. 2 Sistema Ambiental regional (SAR), incluye AP y AID	18
Figura IV. 3 Dispersión de hidrocarburo hasta la zona costera, Vientos reinantes (NE)	21
Figura IV. 4 Dispersión de hidrocarburo hasta la zona costera, Vientos dominantes (N)	21
Figura IV. 5 Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire en la región de Paraíso, Tabasco.	24
Figura IV. 6 Trayectoria seguida para la medición de SO_2 durante la campaña oceanográfica en el área de influencia del Proyecto Hokchi frente a las costas de Paraíso, Tabasco.	26
Figura IV. 7 Ubicación del Proyecto, Regiones Ecológicas y Unidades Ambientales Biofísicas	28
Figura IV. 8 SAR (UGA-67, UGA-69, UGA-70, UGA-71 y UGA-166) y ubicación del Proyecto	29
Figura IV. 9 Ubicación del Proyecto y UGAs del POE del Estado de Tabasco	30
Figura IV. 10 Delimitación del SAR por dispersión de Hidrocarburos en el mar, Vientos reinantes (NE)	31
Figura IV. 11 Delimitación del SAR por dispersión de Hidrocarburos en el mar Vientos dominantes (N)	32
Figura IV. 12 - Clima según la clasificación de Köppen, modificada por E. Garcia	34
Figura IV. 13 Probabilidad de formación de los ciclones tropicales en el Golfo de México y Mar Caribe.	37
Figura IV. 14 Frecuencia de ocurrencia de los ciclones tropicales en el Golfo de México y Mar Caribe.	38
Figura IV. 15 Ciclones Tropicales (1851-2014) en el Sistema Ambiental	39
Figura IV. 16.- Trayectorias de Huracanes, Depresiones y Tormentas tropicales de 1990-2016 (costas de Tabasco)	39
Figura IV. 17 Tormentas tropicales y Huracanes registrados en la costa de Tabasco de 1990 a 2016.	40
Figura IV. 18 Peligro por sequías en el área del Proyecto y el SA	41
Figura IV. 19 Geología Terrestre del SA (zona costera de Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla)	42
Figura IV. 20 Geología Marina	43
Figura IV. 21 Campo Hokchi donde se ubicarán las Plataformas Central y Satélite (Instalaciones marinas)	44
Figura IV. 22 Mapa de localización de Cuencas Petroleras de México	45
Figura IV. 23.- Morfología regional y Batimetría en el área del proyecto.	48
Figura IV. 24 Fallas y fracturas en el área del proyecto y alrededores	49
Figura IV. 25 Marco estructural (Tectonismo) de las Cuencas del Sureste	51
Figura IV. 26 Eventos tectónicos de las Cuencas del Sureste	52
Figura IV. 27 Zonas sísmicas de la República Mexicana	53
Figura IV. 28 Peligro sísmico en el SAR del Proyecto	54
Figura IV. 29 Zonas más vulnerables, rumbo a sistema lagunar el Carmen-La Machona	55
Figura IV. 30 Peligro por inundaciones	55

Figura IV. 31 Figura IV.31.- Índice de vulnerabilidad costera del litoral de tabasco 56
Figura IV. 32 Erosión causada por el oleaje cercano a la Barra de Tupilco 57
Figura IV. 33 Lado norte del predio donde se ubicará la Planta Hokchi 57
Figura IV. 34 Figura IV.34.- Peligro por actividad volcánica 58
Figura IV. 35 Puntos de muestreo de suelo en el Área donde se ubicará la Planta Hokchi, estación de Medición y sus alrededores, Paraíso Tabasco. 61
Figura IV. 36 Muestreo en los puntos indicados en la figura 35 62
Figura IV. 37 Puntos de muestreo de suelo cercano al Área donde se ubicará la Planta Hokchi ... 66
Figura IV. 38 Batimetría en el SAR definido para el proyecto. 74
Figura IV. 39 Batimetría y ubicación del proyecto (30 m) en la parte marina. 75
Figura IV. 40 Batimetría en el SAR definido para el proyecto. 76
Figura IV. 41 Promedio de la circulación y salinidad superficial en el Golfo de México (abril-Julio, izquierda) y (septiembre-marzo, derecha). 77
Figura IV. 42 Temperatura superficial del mar a lo largo del año (°C) 78
Figura IV. 43 Corriente de Lazo en el Golfo de México 79
Figura IV. 44 .- Rosa de velocidades de corrientes en época de secas. Los círculos concéntricos representan la probabilidad en %. 80
Figura IV. 45 Rosa de velocidades de viento en época de secas. 81
Figura IV. 46 Rosa de dirección de las velocidades de corrientes marinas en época de lluvias 81
Figura IV. 47 Rosa de velocidades de viento en época de lluvias. 82
Figura IV. 48 Rosa de velocidades de corrientes en época de nortes. 83
Figura IV. 49 Rosa de velocidades de viento en época de nortes. 83
Figura IV. 50 Estaciones de muestreo de la campaña en el área del proyecto y zona de influencia 84
Figura IV. 51 Estaciones costeras para evaluación de la calidad del agua para su uso en proceso. 85
Figura IV. 52 Porcentaje de arenas, limos y arcillas en las muestras de sedimento superficial en los sitios de la campaña oceanográfica del Campo Hokchi. Los sitios marcados con * repreentan cercanía a pozos petroleros exploratorios; ** a pozos petroleros en desarrollo 93
Figura IV. 53 Valores de potencial de oxidación-reducción en los sedimentos superficiales del Campo Hokchi. 94
Figura IV. 54 Concentración de níquel (mg/kg) en sedimento superficial determinado en el Campo Hokchi. Los sitios marcados con * representan cercanía a pozos petroleros exploratorios; ** a pozos petroleros en desarrollo. 101
Figura IV. 55 Mapa batimétrico de la Laguna el Carmen, Pajonal y la Machona 108
Figura IV. 56 Mapa batimétrico de la Laguna Mecoacán 110
Figura IV. 57 Mapa de ubicación de puntos de muestreo del Sistema Lagunar 112
Figura IV. 58 Distribución de las estaciones de muestreo en sistemas lagunares de Tabasco, muestreados en marzo del 2018. 116
Figura IV. 59 Distribución de la salinidad en época de lluvias en el mes de Octubre de 1974, tomado de González et al 2017. 117
Figura IV. 60 Resultados pH (UpH) en superficie y fondo de la columna de agua, muestreados en marzo del 2018 en 5 sistemas lagunares de Tabasco. 118
Figura IV. 61 Resultados temperatura (°C) en superficie y fondo de la columna de agua, muestreados en marzo del 2018 en 5 sistemas lagunares de Tabasco. 119
Figura IV. 62 Resultados oxígeno disuelto (mg/L) en superficie y fondo de la columna de agua, muestreados en marzo del 2018 en 5 sistemas lagunares de Tabasco. 121

Figura IV. 63 Resultados de sólidos suspendidos totales (SST) en superficie y fondo de la columna de agua, muestreados en marzo del 2018 en 5 sistemas Lagunares de Tabasco. 122
Figura IV. 64 Resultados de turbidez (UTN) en superficie y fondo de la columna de agua, muestreados en marzo del 2018 en 5 sistemas Lagunares de Tabasco. 123
Figura IV. 65 Concentración de aluminio en agua (mg/L) en las lagunas del Carmen (C1-C4), Machona (MA5-MA9), Tupilco (T10-T11), el Zorro (Z12-Z13) y Mecoacán (ME14-ME18).... 141
Figura IV. 66 Concentración de vanadio en agua (mg/L) en las lagunas del Carmen (C1-C4), Machona (MA5-MA9), Tupilco (T10-T11), el Zorro (Z12-Z13) y Mecoacán (ME14-ME18).... 141
Figura IV. 67 Concentración de arsénico en agua (mg/L) en las lagunas del Carmen (C1-C4), Machona (MA5-MA9), Tupilco (T10-T11), el Zorro (Z12-Z13) y Mecoacán (ME14-ME18).... 142
Figura IV. 68 Resultado del análisis de Factores para las concentraciones de metales en agua en las lagunas estudiadas. 143
Figura IV. 69 Resultados del análisis gravimétrico del sedimento en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. 143
Figura IV. 70 Textura sedimentaria del sistema lagunar costero 144
Figura IV. 71 Textura sedimentaria del sistema lagunar costero 145
Figura IV. 72 Concentración de níquel en sedimentos de las lagunas: el Carmen (C1-C4), Machona (MA5-MA9), Tupilco (T10-T11), el Zorro (Z12-Z13) y Mecoacán (ME14-ME18). El valor ERL indica los sitios que representan un riesgo ambiental. 152
Figura IV. 73 Concentraciones de metales en sedimentos de las lagunas 155
Figura IV. 74 Uso de suelos serie VI del INEGI-2016 y ubicación del Proyecto marino-terrestre.. 161
Figura IV. 75 Palmar cultivado asociado con especias arbóreas de tipo acahual en el área del proyecto. 162
Figura IV. 76.- Pastizal con vegetación arbórea presente dentro del polígono 163
Figura IV. 77 Pastizal cultivado bermuda (*Cynodon dactylon*) y pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) en el área donde se ubicará la estación de medición. 164
Figura IV. 78 Vista panorámica en la parte norte donde se ubicará la Planta Hokchi, sobre la costa, se observan especies suculentas como: riñonina (*Ipomoea pes-caprae*) y rompe plato blanco (*Ipomoea stolonifera*). 164
Figura IV. 79 Vista de la vegetación secundaria de tipo acahual 165
Figura IV. 80 Vegetación hidrófila dentro del polígono de zonas inundables en el SAR 166
Figura IV. 81 Vegetación acuática en SAR fuera del predio por el lado oeste con especies hidrófilas como: espadaño (*Typha latifolia*) y pelillo (*Leersia hexandra*). 167
Figura IV. 82 Pastizal inducido asociado con palmas de coco y vegetación arbustiva 168
Figura IV. 83 Vista panorámica del manglar presente con mangle rojo (Rhizophora mangle) cercano a la Barra de Tupilco 169
Figura IV. 84 Especies de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en estado adulto y plántulas en crecimiento, observados en el punto de muestreo a más de 1 km hacia el sur fuera de donde se instalará la Planta (lado este de la Laguna Grande de las Flores) 170
Figura IV. 85 Manglar por el lado norte de la Laguna Mecoacán a más 10 km al este del proyecto 170
Figura IV. 86 Cultivo de palma de coco (*Cocos nucifera*) predominante dentro de las actividades antrópicas de la zona costera. 171
Figura IV. 87 Vegetación secundaria de acahual. 172
Figura IV. 88 Comparación de la riqueza y abundancia por grupo taxonómico 181
Figura IV. 89 Corredores biológicos Mexicanos próximos al área del proyecto, CONABIO, 2013. 184

Figura IV. 90 Polluelo de la especies Amazilia yucatania observado (fuera del área del proyecto) en el punto de muestreo al este de la Laguna Grande de las Flores. 186
Figura IV. 91 Ejemplar de la especie Leptodactylus melanonotus en fase terminal de su metamorfosis. 188
Figura IV. 92 Representación gráfica del número de especies dentro de una categoría de la CITES por grupo taxonómico. 193
Figura IV. 93 Ave rapaz devorando a un pequeño tlacuache observado dentro del polígono. 196
Figura IV. 94 Presión antropogénica sobre las poblaciones de mangle. 198
Figura IV. 95 Red trófica identificada dentro del área del proyecto. 199
Figura IV. 96 Distribución de la biomasa con relación al tipo de sedimento 203
Figura IV. 97 Distribución de especies de tortuga marina en el SAR del Proyecto 206
Figura IV. 98 Patron de distribución de tortuga marina en el SAR del Proyecto 207
Figura IV. 99 Área donde se ubicará la Planta Hokchi (Fracción “A y B”), donde se indican los puntos de observación de las 3 unidades de paisaje a evaluar. 209
Figura IV. 100 Vista hacia el Suroeste del predio donde se ubicará el Proyecto, donde se observa la vegetación predominante de pastizal y cultivos de coco. 209
Figura IV. 101(a y b) Lado Sureste del Proyecto tomada desde la carretera Barra de Tupilco - Paraíso, donde se observa el lado sur-sureste del Predio con cultivos de coco y vegetación secundaria herbácea-arbustiva. 210
Figura IV. 102 Imagen (a) Vista desde la Playa por el lado norte del Predio donde se observa la vegetación costera colindante, (b) parte noroeste con vegetación de pastizal y cultivo de coco 211
Figura IV. 103 Mapa de ubicación del municipio de Paraíso, Tabasco 219
Figura IV. 104 Tendencia de crecimiento de la población 220
Figura IV. 105 Tendencia de crecimiento de densidad de población 221
Figura IV. 106 Distribución de la población 221
Figura IV. 107 Producción agrícola de temporal Otoño-invierno 224
Figura IV. 108 Producción agrícola de temporal Primavera- verano 224
Figura IV. 109 Producción agrícola de Perene 225
Figura IV. 110 Producción Pecuaria 225
Figura IV. 111 Mapa de ubicación del municipio de Cárdenas, Tabasco 228
Figura IV. 112 Tendencia de crecimiento de la población 229
Figura IV. 113 Tendencia de crecimiento de densidad de población 230
Figura IV. 114 Distribución de la población 231
Figura IV. 115 Producción agrícola de temporal Otoño-invierno 234
Figura IV. 116 Producción agrícola de temporal Primavera- verano 234
Figura IV. 117 Producción agrícola de Perene 235
Figura IV. 118 Producción Pecuaria 235
Figura IV. 119 Mapa de ubicación del municipio de Comalcalco, Tabasco 238
Figura IV. 120 Tendencia de crecimiento de la población 239
Figura IV. 121 Tendencia de crecimiento de densidad de población 240
Figura IV. 122 Distribución de la población 240
Figura IV. 123 Producción agrícola de temporal Otoño-invierno 243
Figura IV. 124 Producción agrícola de temporal Primavera- verano 244
Figura IV. 125 Producción agrícola de Perene 244
Figura IV. 126 Producción Pecuaria 245
Figura IV. 127 Mapa de ubicación del municipio de Centla, Tabasco 247

Figura IV. 128 Tendencia de crecimiento de la población 248
Figura IV. 129 Tendencia de crecimiento de densidad de población 249
Figura IV. 130 Distribución de la población 249
Figura IV. 131 Produccion agrícola de temporal Otoño-invierno 252
Figura IV. 132 Produccion agrícola de temporal Primavera- verano 253
Figura IV. 133 Produccion agrícola de Perene 253
Figura IV. 134 Produccion Pecuaria 254
Figura IV. 135 Instalaciones marinas y terrestres (Área del Proyecto “AP”), Área de Influencia Directa (AID) y Sistema Ambiental Regional (SAR) 257
Figura IV. 136 Posibles afectaciones por derrame de Hidrocarburos desde la Plataforma Satélite, Punto medio y Antes del arribo costero del Oleoducto (Vientos reinantes) 259
Figura IV. 137 Posibles afectaciones por derrame de Hidrocarburos desde la Plataforma Satélite, Punto medio y Antes del arribo costero del Oleoducto (Vientos reinantes) 260

CUADROS

Descripción	Página
Cuadro IV. 1 Periodos y Normas Oficiales Mexicanas para evaluar cada contaminante atmosférico	23
Cuadro IV. 2 Clasificación de la calidad del aire en términos del IMECA (*)	23
Cuadro IV. 3 Localización geográfica de los puntos de monitoreo de calidad del aire.	24
Cuadro IV. 4 Ubicación en coordenadas UTM (Datum WGS84) del cuadrante del sitio y puntos de muestreo.	62
Cuadro IV. 5 Resultados del análisis de hidrocarburos en suelos.	64
Cuadro IV. 6 Datos estadísticos de los metales que presentaron resultados en suelos.	65
Cuadro IV. 7 Alcance del estudio de caracterización	86
Cuadro IV. 8 Contaminantes asociados a fuentes operacionales de petróleo y gas costa afuera	88
Cuadro IV. 9 Métodos analíticos empleados para determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos y monoaromáticos en columna de agua	89
Cuadro IV. 10 Concentración de metales en superficie y fondo de columna de agua (mg/L) en Hokchi.	92
Cuadro IV. 11 Coeficiente de determinación (R2) entre tamaño de grano (arenas, limos, arcillas) y concentración de metales en el Campo Hokchi	94
Cuadro IV. 12 Concentración de metales en sedimento (mg/kg) durante la campaña oceanográfica Hokchi en el Golfo de México. El código de color corresponde a los criterios de toxicidad establecidos por la NOAA para cada metal. Las concentraciones menores al TEL represe tan riesgo mínimo, mayores a TEL pero menores a PEL representan un riesgo posible y las mayores a PEL un riesgo probable.	99
Cuadro IV. 13 Concentración de metales en sedimento (mg/kg). Continuación	100
Cuadro IV. 14 Cuadro IV.14. Estadística descriptiva de las concentraciones de metales en sedimentos (mg/g) divididas en zonas del área de estudio Hokchi	102
Cuadro IV. 15 Factores de Enriquecimiento para los metales en el campo Hokchi	105
Cuadro IV. 16 Índices de geoacumulación (Igeo) para los metales en el campo Hokchi.	106
Cuadro IV. 17 Resultados de los parámetros fisicoquímicos básicos para determinar la calidad de agua de algunos sistemas lagunares en Tabasco, México, marzo 2018.	114
Cuadro IV. 18 Intervalos de calidad de la turbidez obtenidos en función de la transparencia, modificado de Betanzos, et al.2011.	124
Cuadro IV. 19 Estadísticos de los nutrientes en la columna de agua en marzo de 2018	127
Cuadro IV. 20 Valores de nutrientes reportados en la literatura.	128
Cuadro IV. 21 Estadísticos del carbono orgánico total en la columna de agua en marzo de 2018	129
Cuadro IV. 22 Estadísticos de los pigmentos y feofitinas en la columna de agua en marzo de 2018	131
Cuadro IV. 23 Estadísticos de los pigmentos y feofitinas en la columna de agua en marzo de 2018	131
Cuadro IV. 24 Resultados de nutrientes, carbono orgánico total y pigmentos en la columna de agua en la Boca toma en noviembre de 2017.	132
Cuadro IV. 25 Resultados de nutrientes, carbono orgánico total, pigmentos y feofitinas en la columna de agua en la Boca toma en marzo de 2018.	132
Cuadro IV. 26 Métodos analíticos para la determinación de compuestos orgánicos en agua.	133

Cuadro IV. 27 Concentración de metales en agua (mg/L) determinados en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. 137
Cuadro IV. 28 Concentración de metales en agua (mg/L) determinados en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. Continuación 138
Cuadro IV. 29 Estadística descriptiva de la concentración de metales en agua (mg/L) en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán 139
Cuadro IV. 30 . Estadística descriptiva de la concentración de metales en agua (mg/L) en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. Continuación 140
Cuadro IV. 31 Métodos analíticos para determinación de hidrocarburos en sedimento. 146
Cuadro IV. 32 Resumen los distintos criterios de calidad del sedimento a nivel internacional para sistemas de aguas salinas y salobres. 148
Cuadro IV. 33 Concentración de HAP Individuales por laguna costera Evaluada. 149
Cuadro IV. 34 Biomarcadores identificados en la Laguna de Mecoacán (ME18) 150
Cuadro IV. 35 Concentración de metales en sedimento superficial de las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. 153
Cuadro IV. 36 Estadística descriptiva de las concentraciones de metales en sedimento superficial en el sistema completo de lagunas y por laguna. 154
Cuadro IV. 37 Factores de Enriquecimiento (FE) de los metales en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. 156
Cuadro IV. 38 Índices de geoacumulación (Igeo) para los metales en las lagunas el, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. Igeo < 1 no contaminado o moderadamente contaminado (color verde); Igeo entre 1-2 contaminación moderada (color amarillo). 158
Cuadro IV. 39 Densidad relativa (%) de las especies más representativas de las áreas de muestreo. 174
Cuadro IV. 40 Vegetación en el área del Proyecto (Planta Hokchi) Fracción “A” y “B” 176
Cuadro IV. 41 Vegetación en el área del Proyecto (Estación de medición) 177
Cuadro IV. 42 Mangle registrado fuera del área del Proyecto y su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 178
Cuadro IV. 43 Composición faunística presente en el SAR del Proyecto 180
Cuadro IV. 44 Riqueza y abundancia por grupo taxonómico en puntos de muestreo 182
Cuadro IV. 45 Índices de diversidad de Shannon-Wiener (H´) y similitud por polígono. 183
Cuadro IV. 46 Temporadas reproductivas de algunas aves presentes en el SAR 185
Cuadro IV. 47 Temporadas reproductivas de algunos mamíferos registrados en el SAR 187
Cuadro IV. 48 Especies en el SAR (NOM-059-SEMARNAT-2010) 189
Cuadro IV. 49 Especies migratorias presente en el SAR 190
Cuadro IV. 50 Especies de interés cinegético para el estado de Tabasco, 2015-2016 191
Cuadro IV. 51 Especies de valor comercial de acuerdo a la CITES-2018 192
Cuadro IV. 52 Especies de fauna silvestre con uso local en el SAR 194
Cuadro IV. 53 Fauna identificada como nociva dentro del SAR 197
Cuadro IV. 54 Fauna marina bajo estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT 205
Cuadro IV. 55 Evaluación del Paisaje con la Escala de calificativos de Muñoz-Pedreros y la Escala Universal de Valores de Fines 213
Cuadro IV. 56 Valor nominal y valor numérico del paisaje 214
Cuadro IV. 57 Factores de fragilidad visual de Muñoz-Pedreros (2004) y Valores de Fragilidad del Paisaje del Área del Proyecto 217
Cuadro IV. 58 Usos recomendados según calidad y fragilidad visual (Muñoz-Pedreros 2004) 218
Cuadro IV. 59 Población total y por sexo del municipio 220

Cuadro IV. 60 Indicadores de población del municipio 220
Cuadro IV. 61 Distribución de la población de 3 años y más en el municipio 222
Cuadro IV. 62 Indicadores de la población indígena 222
Cuadro IV. 63 Lenguas indígenas habladas en el municipio 222
Cuadro IV. 64 Población económicamente activa del municipio, 2010 223
Cuadro IV. 65 Ocupación y distribución según el sector 223
Cuadro IV. 66 Población ocupada y su distribución porcentual según división ocupacional 223
Cuadro IV. 67 Indicadores de vivienda y pobreza 226
Cuadro IV. 68 Población total y por sexo del municipio 229
Cuadro IV. 69 Indicadores de población del municipio 230
Cuadro IV. 70 Distribución de la población de 3 años y más del municipio 231
Cuadro IV. 71 Indicadores de la población indígena 231
Cuadro IV. 72 Lenguas indígenas habladas en el municipio 232
Cuadro IV. 73 Población económicamente activa del municipio, 2010 232
Cuadro IV. 74 Ocupación y distribución según el sector 233
Cuadro IV. 75 Población ocupada y su distribución porcentual según división ocupacional 233
Cuadro IV. 76 Indicadores de vivienda y pobreza 236
Cuadro IV. 77 Población total y por sexo municipio 239
Cuadro IV. 78 . Indicadores de población del municipio 239
Cuadro IV. 79 Distribución de la población de 3 años y más del municipio 241
Cuadro IV. 80 Indicadores de la población indígena 241
Cuadro IV. 81 Lenguas indígenas habladas en el municipio 241
Cuadro IV. 82 Población económicamente activa del municipio, 2010 242
Cuadro IV. 83 Ocupación y distribución según el sector 242
Cuadro IV. 84 Población ocupada y su distribución porcentual según división ocupacional 243
Cuadro IV. 85 Indicadores de vivienda y pobreza 245
Cuadro IV. 86 Población total y por sexo municipio 248
Cuadro IV. 87 Indicadores de población del municipio 248
Cuadro IV. 88 Distribución de la población de 3 años y más del municipio 250
Cuadro IV. 89 Indicadores de la población indígena 250
Cuadro IV. 90 Lenguas indígenas habladas en el municipio 250
Cuadro IV. 91 Población económicamente activa del municipio, 2010 251
Cuadro IV. 92 Ocupación y distribución según el sector 251
Cuadro IV. 93 Población ocupada y su distribución porcentual según división ocupacional 252
Cuadro IV. 94 Indicadores de vivienda y pobreza 254

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

Generalidades

El inventario a efectuarse en el presente Capítulo, tiene como objetivo llevar a cabo una caracterización del espacio geográfico donde sus elementos abióticos y bióticos prevalecen homogéneos ambientalmente (fenómenos climáticos, vegetación, fauna, hidrología, suelos, etc. e inclusive las actividades socioeconómicas), los cuales se describirán y analizarán en forma integral los componentes del Sistema Ambiental Regional en donde el Proyecto denominado **"Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Regional para la Etapa de Desarrollo del Área Contractual 2 (Hokchi)"** podría interactuar con dichos elementos ambientales. Para tal efecto, se consideran los lineamientos de planeación de los capítulos precedentes, información de fuentes confiables como INEGI, CONAGUA, CONABIO, entre otros; así como de trabajos de campo realizados para la caracterización del Área del Proyecto y el Área de Influencia Directa.

En este Capítulo, también considera información de la Línea Base Ambiental, que fue presentada anteriormente por Hokchi Energy S.A. de C.V., ante las autoridades correspondientes.

Para la caracterización ambiental en el contexto local, se hace necesario la definición del Área del Proyecto y el Área de Influencia Directa del mismo sobre las variables ambientales.

Definición del Área del Proyecto (AP) y Área de Influencia Directa (AID)

Para alcanzar los objetivos establecidos por la LGEEPA y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, las categorías del espacio geográfico que se identifican durante el procedimiento de evaluación del Impacto Ambiental y que deben ser caracterizados en el ámbito geográfico local tanto en el área del proyecto como la influencia de éste en sus alrededores son:

- El Área del proyecto (**AP**). Es el espacio geográfico que ocuparan las instalaciones tanto marinas como terrestres definidas en el **Capítulo II** del presente documento.

- Área de Influencia Directa (**AID**) del Proyecto. Es el área donde los impactos tanto negativos como positivos derivados de las diferentes obras y actividades del Proyecto en sus diferentes etapas que podrían tener una interacción significativa y directa con los elementos ambientales marinos y terrestres tales como: aire, hidrología, suelo, vegetación y fauna, manejo y disposición de residuos e impactos socio-económicos, a continuación se muestra el AP y AID con una línea esquemática Ver Figura IV.1.

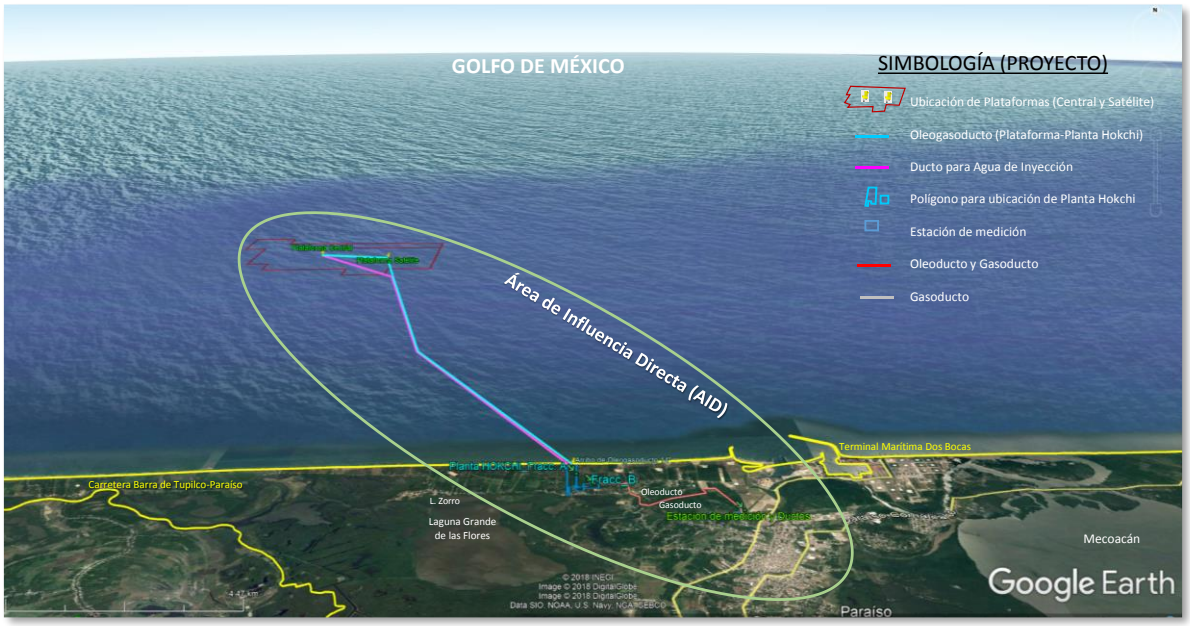


Figura IV. 1 Área del Proyecto (Plataformas, ductos, Planta y Estación de medición), Área de Influencia Directa (AID)

Para el AID del presente Proyecto, considera que principalmente se verá influenciada la cabecera municipal de Paraíso; así como en los alrededores de las instalaciones terrestres, específicamente la zona de playa hacia el norte, la Ranchería Las Flores 2ª Sección hacia el sur, suroeste y sureste, las cuales cual se verán influenciadas de manera directa por la demanda de los servicios de vivienda, hospedaje, alimentación, transporte (marítimo, terrestre), esparcimiento, etc. Así como en la zona marina donde los impactos directos y locales podrían cobrar mayor relevancia y significancia aun siendo impactos temporales originados por dicho Proyecto durante algunas de las etapas, desde la Preparación del sitio, Construcción, Operación/Mantenimiento y hasta su Abandono.

Sistema Ambiental Regional (SAR)

Entiéndase como Sistema Ambiental Regional (**SAR**) como el Espacio finito definido con base en las interacciones entre los medios abiótico, biótico y socio-económico de la región donde se pretende establecer el proyecto, generalmente formado por un conjunto de ecosistemas ambientalmente homogéneos como resultado de la interacción de sus diversos componentes, cuya delimitación deriva de la uniformidad y continuidad de los mismos donde se aplicará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales y de aprovechamiento.

El Sistema Ambiental en el contexto regional donde el Proyecto podría interactuar con los elementos ambientales fue delimitado abarcando desde el área contractual del Campo Hokchi donde se ubicarán las instalaciones marinas hasta la zona costera de los municipios de: Cárdenas (desde la desembocadura del Río Tonalá) por el lado Suroeste; hacia el sur

con la zona costera de Comalcalco; así como zona costera del municipio de Paraíso y hacia el Este de las futuras instalaciones terrestres la zona costera del municipio de Centla (Ver Figura IV. 2.

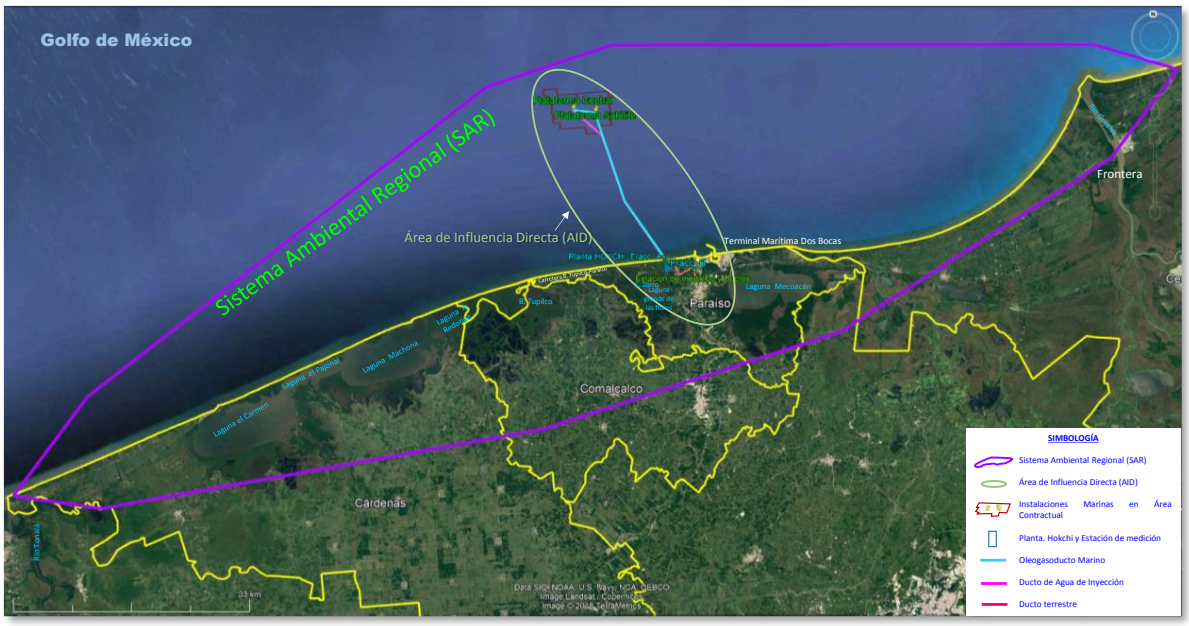


Figura IV. 2 Sistema Ambiental Regional (SAR), incluye AP y AID

Este Sistema Ambiental Regional fue definido siguiendo los criterios y el uso de modelos de simulación que a continuación se describen:

IV.1 Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto.

Con la finalidad de realizar una delimitación correcta del SAR del Proyecto denominado **"Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Regional para la Etapa de Desarrollo del Área Contractual 2 (Hokchi)",** es de gran utilidad el uso de herramientas de predicción de trayectorias y dispersión de hidrocarburos en el mar, monitoreo de la pluma de contaminantes para conocer la calidad del aire a nivel regional, cuyos resultados proporcionarán en forma más precisa el alcance de las posibles interacciones del Proyecto con los elementos ambientales que integran las Unidades de Gestión Ambiental (**UGAs**) involucradas a nivel regional. Posteriormente, las UGAs identificadas que podrían tener interacción con los posibles derrames significativos del proyecto, se analizarán bajo criterios de planeación como lo establecen los Programas de Ordenamientos Ecológicos aplicables, caracterizando y analizando en forma integral sus elementos ambientales; así como su desarrollo y diagnóstico actual que muestren las tendencias del desarrollo y deterioro ambiental, previo al establecimiento del Proyecto.

Las herramientas y Ordenamientos Ecológicos considerados para la delimitación del SAR son las siguientes:

IV.1.1. Simulación Numérica de Derrame de Hidrocarburos en el Mar
IV.1.2. Monitoreo de Calidad del Aire Regional (terrestre) y monitoreo de la pluma global de dióxido de azufre (marino)
IV.1.3. Unidades Ambientales Biofísicas del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
IV.1.4. Unidades de Gestión Ambiental del Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (OEMRGMMC)
IV.1.5. Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (POEET)

Una vez integrada y analizada la información justificativa para la delimitación del SAR, tanto por el uso de herramientas de simulación como por criterios de Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) de los Ordenamientos Ecológicos existentes; así como también por la ubicación y dimensiones del proyecto; la distribución de las obras y actividades a llevarse a cabo tanto principales, asociadas y provisionales; los sitios para la disposición de residuos, los factores sociales de las poblaciones que podrían ser influenciadas, rasgos geomorfológicos, edafológicos, hidrología superficial y subterránea, meteorología regional y tipos de vegetación entre otros; así como características, distribución, uniformidad y continuidad de las unidades ambientales, factores socioculturales y usos del suelo permitidos por las autoridades competentes locales, estatales y federales.

El SAR resultante permitirá realizar el inventario de la información ambiental, social y económica en el área del Proyecto y su entorno que permitirá establecer el análisis de los impactos significativos al ambiente generados durante las etapas de: Preparación del sitio, Construcción, Operación/mantenimiento y Abandono de Proyecto. Lo anterior permitirá la aplicación de medidas preventivas para la mitigación de los impactos ambientales y así garantizar el desarrollo de un proyecto de manera sustentable.

IV.1.1. Simulación Numérica de Derrame de Hidrocarburos en el Mar

Los grandes accidentes por fugas o derrames de hidrocarburos en el mar y la consecuente contaminación del agua, flora y fauna marina y costera; así como posibles afectaciones a las actividades turísticas, recreativas o económicas de las poblaciones cercanas, éste potencial de daños ambientales que podrían dar origen estos accidentes dentro de las zonas de influencia del proyecto, hace necesario conocer el alcance de la dispersión de los hidrocarburos considerando las variables por las que se ven influenciadas como: velocidad y dirección del viento, dirección y temperatura de las corrientes superficiales marinas, etc. y algún modelo confiable de predicción de trayectorias de derrames en el mar.

GNOME, es un simulador ambiental interactivo diseñado para el modelado rápido de trayectorias de contaminantes como el petróleo en el medio marino. Para configurar un escenario de derrame, éste permite incorporar: el tipo de contaminante derramado y su ubicación a través de coordenadas geográficas o UTM; mapas vectoriales que delimitan la zona marina y la zona terrestre (línea de costa) que permiten rastrear las manchas de aceite que se han detenido en la playa; variables de movilidad como modelos de circulación oceánica y difusión, velocidades y dirección de vientos en la zona de interés, etc. El

resultado del simulador consiste en gráficos, videos o archivos de datos que permiten su posterior procesamiento con otros programas como el sistema de información geográfica (GIS) o Google earth, donde se observa la trayectoria y dispersión paso a paso que seguirá el derrame influenciado por las condiciones oceánicas y meteorológicas hasta su llegada a la costa.

Como criterio adicional a las UGAs o como herramienta de apoyo, para propósitos de planeación y acotación del **Sistema Ambiental Regional** se consideran los escenarios hipotéticos de una fuga o derrame de hidrocarburos en el oleogasoducto marino de 14" de Ø (Plataforma Satélite, tramo intermedio y antes del arribo costero a las instalaciones terrestres) identificado en el análisis de riesgos, los escenarios consideran los vientos reinantes y dominantes. Es de hacer notar que dichos escenarios de derrames serían los más significativos por su rápida dispersión llegando abarcar grandes extensiones, debido a que se ven fuertemente influenciados por las variables ambientales como: velocidad y dirección de vientos, corrientes superficiales principalmente; así como de la temperatura superficial del agua y el oleaje. Estos escenarios se describen continuación:

Para conocer el mayor alcance de la dispersión de hidrocarburos en el mar, se tomaron las condiciones más críticas de velocidad y dirección de viento; así como de la velocidad y dirección de las corrientes marinas.

Los detalles de esta simulaciones se encuentran en el estudio de "Dispersión de derrames de hidrocarburos en el mar" localizado en el Anexo No. 11 del Estudio de Riesgo Ambiental.

Escenario A y B.- A (Vientos reinantes del Noreste), B (Vientos dominantes del Norte) Simulación de un derrame de 14,123 barriles de crudo (29° API) en el oleogasoducto de 25.58 km de longitud y 14" de Ø en la Plataforma Satélite, haciendo las siguientes consideraciones:

1. Fuga catastrófica del volumen contenido en el oleogasoducto de 25.58 km de longitud y 14" de Ø (14,123 barriles), considerando un tiempo de 10 min para el bloqueo de las válvulas de seccionamiento en la Plataforma marina y en el arribo a la costa de Paraíso.
2. Punto de fuga en las coordenadas siguientes: Plataforma Satélite (18°37'31.04"N 93°19'41.63"O); Punto intermedio de Oleogasoducto (18°30'51.01"N, 93°17'56.98"O); y Arribo costero (18°26'23.02"N, 93°15'6.40"O) de latitud Norte y longitud Oeste respectivamente.
3. Se considera que todo el hidrocarburo contenido en el oleogasoducto es liberado en un día con un tiempo de simulación de alrededor de 120 horas (5 días), tiempo suficiente para observar el arribo y dispersión de las manchas de hidrocarburos a lo largo de la costa.
4. Velocidad de viento de 6.5 y 15 m/s (23.4 y 54 km/hr) reinantes y dominantes respectivamente con dirección prevaleciente del Noreste y Norte (en accidentes reales, se deben considerar los vientos cambiantes en tiempo real).
5. Los mapas oceanográficos para la modelación, fueron obtenidos a través de la herramienta generadora de mapas de GNOME conocida por sus siglas en inglés como GOODS (GNOME Online Oceanographic Data Server), ver figuras IV.3 y IV.4.

A continuación se presenta los mapas obtenidos con el simulador GNOME, donde se muestran las trayectorias y alcances del derrame de estos escenarios hacia la zona costera a las condiciones mencionadas anteriormente:

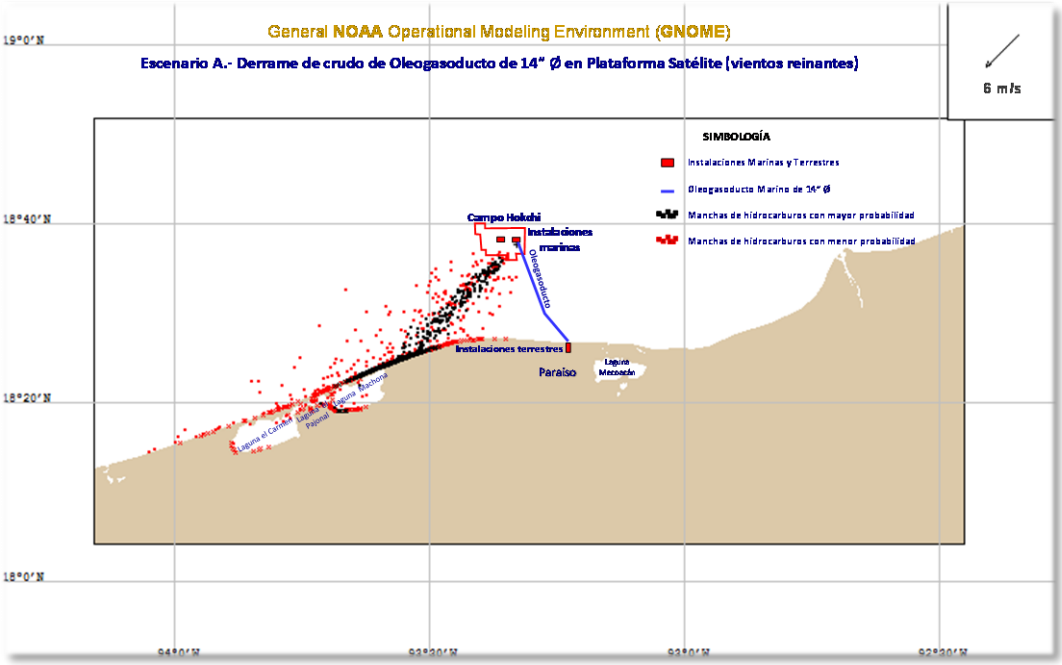


Figura IV. 3 Dispersión de hidrocarburo hasta la zona costera, Vientos reinantes (NE)

Fuente: "Estudio de dispersión de hidrocarburos en el ducto de transporte del campo Hokchi", Junio de 2018

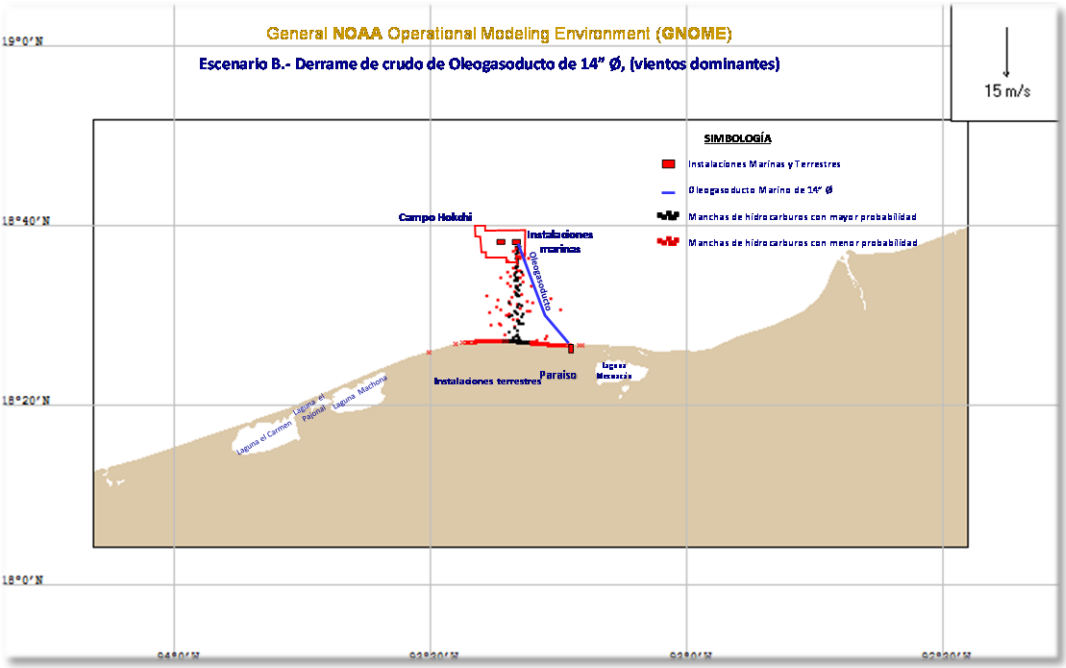


Figura IV. 4 Dispersión de hidrocarburo hasta la zona costera, Vientos dominantes (N)

Fuente: "Estudio de dispersión de hidrocarburos en el ducto de transporte del campo Hokchi ", Junio de 2018

Resultados de la modelación con GNOME

Una vez realizadas las modelaciones sobre los mapas generados con GOODS con las coordenadas en los puntos de fuga o derrame de petróleo en el mar a las condiciones meteorológicas locales, se observa que las manchas de aceite podrían llegar a zonas costeras donde las consecuencias podrían extenderse hasta alcanzar zonas sensibles desde el río Tonalá, las Lagunas el Carmen, el Pajonal y la Machona alcanzando hasta 70 km por el lado suroeste de las instalaciones marinas y 72 km a lo largo de las costas frente a las lagunas mencionadas. Para el escenario de fuga del oleogasoducto antes de su arribo a la zona costera, la influencia de las corrientes marinas, dirección y velocidad de los vientos dominantes sobre las manchas de aceite, hacen que la dispersión en primera instancia sea hacia el suroeste del punto de fuga y posteriormente las manchas continúen dispersándose más lentamente con dirección oeste a lo largo de 15 km sobre la línea de costa, lo que indica que la influencia del varado o arribo del hidrocarburo en la playa hace que las afectaciones sean de menores y no lleguen a las Lagunas el Carmen, el Pajonal y la Machona donde subsiste flora y fauna mejor conservada y donde existen actividades económicas de pesquería y ostrícolas entre otras (Ver figura IV.3 y IV.4).

En el escenario B, se observa que a las condiciones de dirección de viento provenientes del N y con velocidades de vientos dominantes, las trayectorias posibles que seguirían serían con rumbo hacia el sur con posibles afectaciones hacia la barra de Tupilco y frente a la costa del municipio de Paraíso.

IV.1.2. Monitoreo de Calidad del Aire Regional y monitoreo de la pluma global de dióxido de azufre

El monitoreo de la calidad del aire se efectúo con la finalidad de conocer si en la región costera de Paraíso y sus alrededores existe influencia de los contaminantes atmosféricos provenientes de las instalaciones marinas existentes, lo cual servirá de referencia una vez que éste Proyecto entre en operación para dar cumplimiento con lo establecido en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera (Artículo 17, Fracción V) y las Normas Oficiales Mexicanas de salud ambiental. El resultado se obtendrá mediante la comparación de las concentraciones obtenidas para los contaminantes normados monitoreados, contra los límites permisibles establecidos en las Normas de Salud Ambiental que se mencionan en el cuadro IV.1.

Cuadro IV. 1 Periodos y Normas Oficiales Mexicanas para evaluar cada contaminante atmosférico

CONTAMINANTE CRITERIO	PERIODO	LÍMITE PERMISIBLE	NORMA OFICIAL MEXICANA
Ozono (O_3)	Promedio máximo de 1 hora	0.095 ppm	NOM-020-SSA1-2014
	Promedio de 8 horas móviles	0.07 ppm	
Monóxido de carbono (CO)	Promedio de 8 horas móviles	11.0 ppm	NOM-021-SSA1-1993
Dióxido de azufre (SO_2)	Promedio de 24 horas	0.11 ppm	NOM-022-SSA1-2010
	Promedio de 8 horas móviles	0.20 ppm	
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	Promedio máximo de 1 hora	0.21 ppm	NOM-023-SSA1-1993
Partículas menores a 10 micras (PM_{10})	Promedio de 24 horas	75 µg/m^3	NOM-025-SSA1-2014
Partículas menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$)		45 µg/m^3	

La concentración de los contaminantes atmosféricos gaseosos se expresa en unidades del Sistema Internacional (µmol/mol). La unidad µmol/mol es equivalente a partes por millón (ppm). La concentración de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) se expresa en microgramos por metro cúbico (µg/m^3). Las Normas anteriores se aplican a todo el territorio nacional y están establecidas como medida de protección a la salud humana.

Para clasificar la calidad del aire se tomó como referencia el Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA), el cual establece 5 clasificaciones como se muestra en el cuadro IV.2.

Cuadro IV. 2 Clasificación de la calidad del aire en términos del IMECA (*)

INTERVALOS DE IMECA	CALIDAD DEL AIRE
0 – 50	BUENA
51 – 100	REGULAR
101 – 150	MALA
151 – 200	MUY MALA
>200	EXTREMÁDAMENTE MALA

(*)Secretaria del Medio Ambiente: www.sma.df.gob.mx
Norma Ambiental NADF-009-AIRE-2006 publicada en la Gaceta Oficial del Gobierno del Distrito Federal el 29 de abril de 2006.

La ubicación de los puntos de monitoreo y muestreo se realizó de acuerdo al campo de vientos prevaleciente en la época del año, de las fuentes de emisión y del área de interés, adicionalmente se consideró un punto de referencia localizado cerca de la población de Frontera, Tabasco.

En la figura IV.5 se muestra la ubicación de los sitios de monitoreo de calidad del aire y en el cuadro IV.3 la localización geográfica en coordenadas UTM.

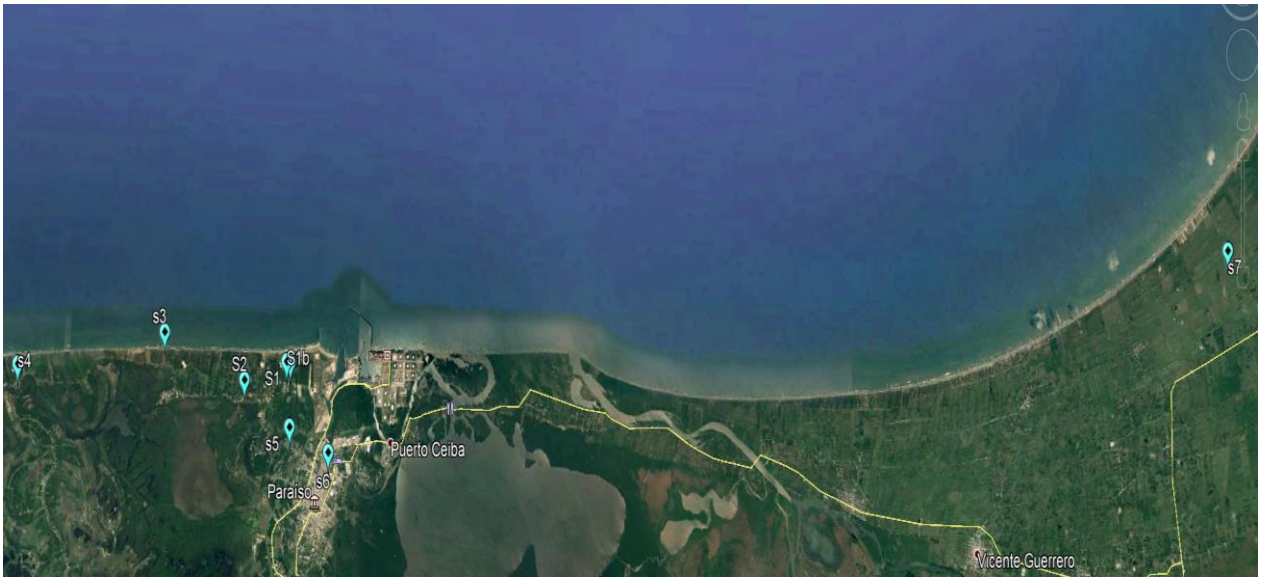


Figura IV. 5 Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire en la región de Paraíso, Tabasco.
Fuente: propia IMP.

Cuadro IV. 3 Localización geográfica de los puntos de monitoreo de calidad del aire.

SITIO	NOMBRE	UTM X	UTM Y
S1a	"PARQUE INDUSTRIAL RANCHERIA LAS FLORES"	475994	2038195
S1b	ÁREA DE ESFERAS PARA NITRÓGENO	475764	2037768
S2	"ESC. PRIM. JOSE COFFIN SANCHEZ"	473699	2037226
S3	"FRACCIONAMIENTO MAR DE PLATA"	469482	2038462
s4	"CENTRO DE SALUD LA UNIÓN 2ª SECCIÓN"	462017	2037164
s5	"IGLESIA NAC. PREBISTERIANA EBEN-EZER"	475962	2035594
s6	"HOTEL PLAZA BLANQUITA"	478072	2034758
s7	"RANCHO "MESA DORADA"	523993	2042712

UTM: Universal Transversa de Mercator.

Monitoreo de la pluma global de dióxido de azufre

El objetivo de éste monitoreo es determinar la pluma global de dióxido de azufre generada por las emisiones provenientes de las instalaciones petroleras que se localizan en el Golfo de México en los alrededores de donde se ubicarán las instalaciones marinas del presente Proyecto. El monitoreo de dióxido de azufre proporcionará información de la calidad del aire en el área del proyecto, la zona de influencia a nivel regional con lo cual el Proyecto podrá dar cumplimiento a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de prevención y control de la contaminación de la

atmósfera, tomando medidas de prevención y control de los equipos emisores desde la etapa de diseño y durante el desarrollo de las operaciones.

La metodología para determinar la extensión y amplitud de la pluma global de dióxido de azufre generado por las emisiones de las instalaciones petroleras ubicadas en el Golfo de México, se basa en la aplicación de la tecnología óptica denominada mini-DOAS, la cual fue aplicada durante la campaña oceanográfica para recabar información ambiental para éste Proyecto.

El mini-DOAS es un método para determinar concentraciones de gases traza midiendo sus estructuras de absorción de banda estrecha en las regiones espectrales de luz UV y visible. La técnica DOAS utiliza las características espectrales de la absorción de los gases traza y de los procesos de extinción por aerosoles para separar las estructuras espectrales de banda ancha y de banda estrecha en un espectro de absorción y así aislar las absorciones de banda específica. Utiliza la tecnología de espectroscopia de absorción óptica diferencial (DOAS) para identificar y cuantificar los gases traza usando sus absorciones de banda específicas.

Es un instrumento basado en un método pasivo que utiliza un mini-espectrofotómetro, para obtener información del perfil vertical del SO_2 presente en la tropósfera, mediante el análisis del espectro de la luz solar dispersada. El instrumento puede ser utilizado desde una plataforma móvil, configurándose un sistema móvil-DOAS; o también puede ser utilizado desde una plataforma fija, realizando escaneos de horizonte a horizonte. En donde los gases absorben radiación en ciertas longitudes de onda específicas a la estructura molecular del gas; la radiación que se absorbe se usa para excitar niveles de energía, vibracionales y rotacionales, o una combinación de estos. En gases monoatómicos, los niveles de energía tienden a seguir secuencias que producen líneas de absorción (Finlayson-Pitts & Pitts, 2000).

El monitoreo de la pluma de dióxido de azufre global proveniente de las instalaciones petroleras, se realizó con el sistema óptico mini-DOAS, el cual utiliza la radiación Ultra Violeta durante periodos de mayor incidencia solar. Las mediciones de dióxido de azufre se guardan con fecha, hora y geoposicionamiento para su procesamiento, análisis e interpretación de resultados.

En la figura IV.6 se presenta la trayectoria del crucero oceanográfico en el área de influencia del Proyecto donde se ubicarán las instalaciones marinas realizado en noviembre de 2017.

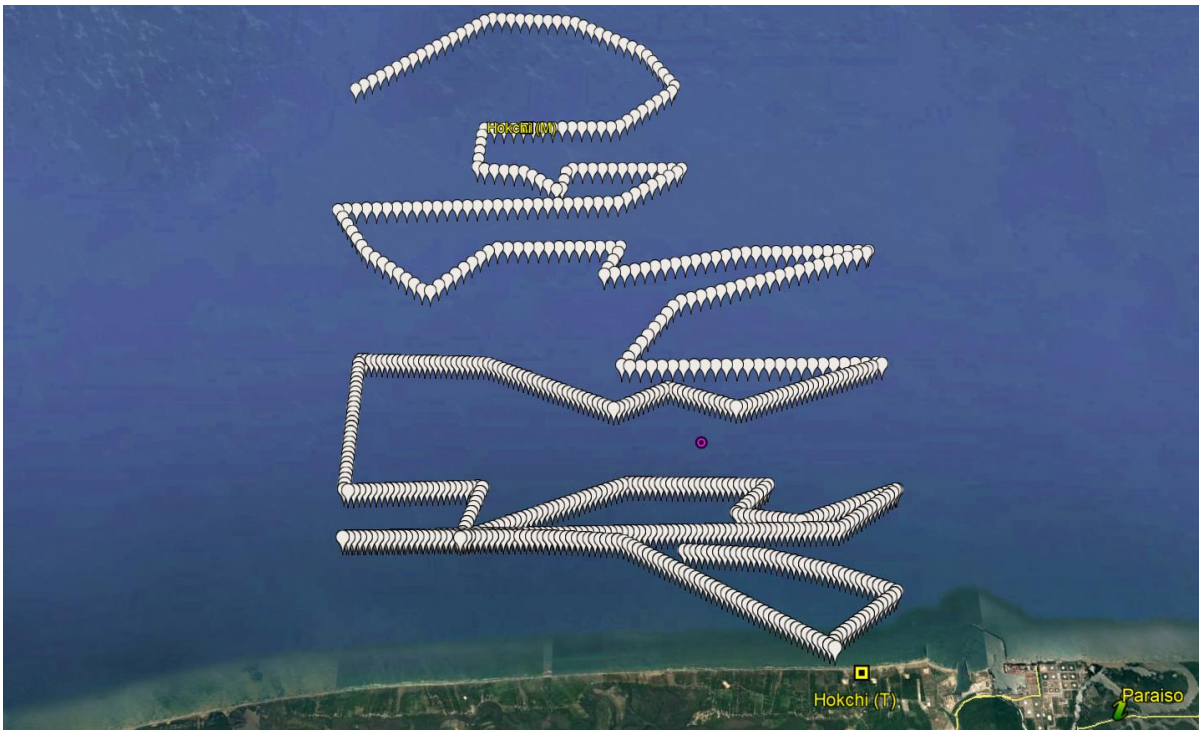


Figura IV. 6 Trayectoria seguida para la medición de SO_2 durante la campaña oceanográfica en el área de influencia del Proyecto Hokchi frente a las costas de Paraíso, Tabasco.
Fuente: propia IMP.

Resultados del monitoreo de calidad del aire y monitoreo global de dióxido de azufre (SO_2)

Los resultados obtenidos del monitoreo de calidad del aire realizado el 22 de febrero al 1 de marzo de 2018 en la región de Paraíso, Tabasco, y hasta 45 km al este del área donde se ubicarán las instalaciones terrestres del Proyecto.

Las concentraciones encontradas de Dióxido de Azufre fueron muy bajas (0.002 ppm) en todos los sitios y en diversas horas, los valores ligeramente más altos fueron encontrados en el sitio S1 (0.01 ppm) durante el mediodía y por la tarde, momento en que se generan movimientos convectivos que pueden ocasionar que las emisiones interactúen con la superficie a distancias más cortas, el cual se debe por estar más cerca de la Terminal de Dos Bocas, cabe hacer mención que aun siendo ligeramente más alto, este valor se encuentra 10% por debajo del valor de la norma.

En general, para el Ozono, Monóxido de Carbono, Óxido Nítrico (NO), Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y Óxidos de Nitrógeno (NOx) los valores encontrados están por debajo de la norma de calidad del aire. Del mismo modo, las concentraciones de Ácido Sulfhídrico (Valor de referencia en california es de 0.02 ppm de H_2S) encontrados fueron muy bajos del orden de 0.001 a 0.006 ppm en las direcciones oeste, suroeste de la Terminal Marítima de Dos Bocas, lo cual está asociado a emisiones fugitivas de almacenamiento de crudo o al proceso de digestión anaerobia de materia.

De acuerdo al análisis de las mediciones de concentración de contaminantes atmosféricos criterio, no existen valores que rebasen la normatividad de salud en la región, lo cual no representan un problema de salud para la población.

Los resultados obtenidos de la base de datos del miniDOAS muestran que existen concentraciones muy bajas de SO_2 en la atmósfera desde el área donde se ubicarán las instalaciones marinas y sus alrededores hasta la región costera en estudio donde se ubicarán las instalaciones terrestres en el municipio de Paraíso. Por lo tanto, se puede decir que dichas concentraciones bajas de SO_2 se debe principalmente a que la mayor densidad de las fuentes de emisión (Plataformas petroleras existentes) se encuentra ubicadas a más de 70 km del Proyecto y del SAR definido; así como también se debe a la buena dispersión atmosférica que existe en la región.

La buena dispersión que impera en la región se debe a las velocidades de viento registras que oscilan entre 2 a 4 m/s y rachas de hasta 10 m/s, estos factores ayudan para que la calidad del aire en la región en estudio sea buena en términos de contaminantes criterio. No omitiendo que dicha dispersión también se ve influenciada por las temperaturas del ambiente que fluctúan entre 22 a 31°C, así como de la humedad relativa que varía entre 40 y 90% en la región monitoreada.

Los resultados de los modelos de predicción de trayectorias de derrames de hidrocarburos en el mar y el monitoreo de contaminantes atmosféricos regional como herramientas de apoyo, proporcionan información suficiente para formar un criterio convincente para seleccionar el número de Unidades de Gestión Ambiental que podrían interactuar de forma directa o indirecta con el Proyecto y los elementos ambientales involucrados. El siguiente paso es la revisión de otros instrumentos de la política ambiental como los Ordenamientos Ecológicos aplicables en la zona de estudio con lo cual se identificarán las UGAs involucradas en la caracterización ambiental del SAR.

IV.1.3. Unidades Ambientales Biofísicas del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

De acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio publicado en el Diario Oficial Federación el día 07 de septiembre de 2012, las áreas donde se ubicarán las instalaciones terrestres se encuentran inmersas en las Regiones Ecológicas (REG) 5.32 y 18.3, las cuales le corresponden las Unidades Ambiental Biofísicas (UAB) 76 “Llanuras fluviodeltáicas de Tabasco” y 135 “Planicies Aluviales del Occidente de Tabasco” respectivamente.

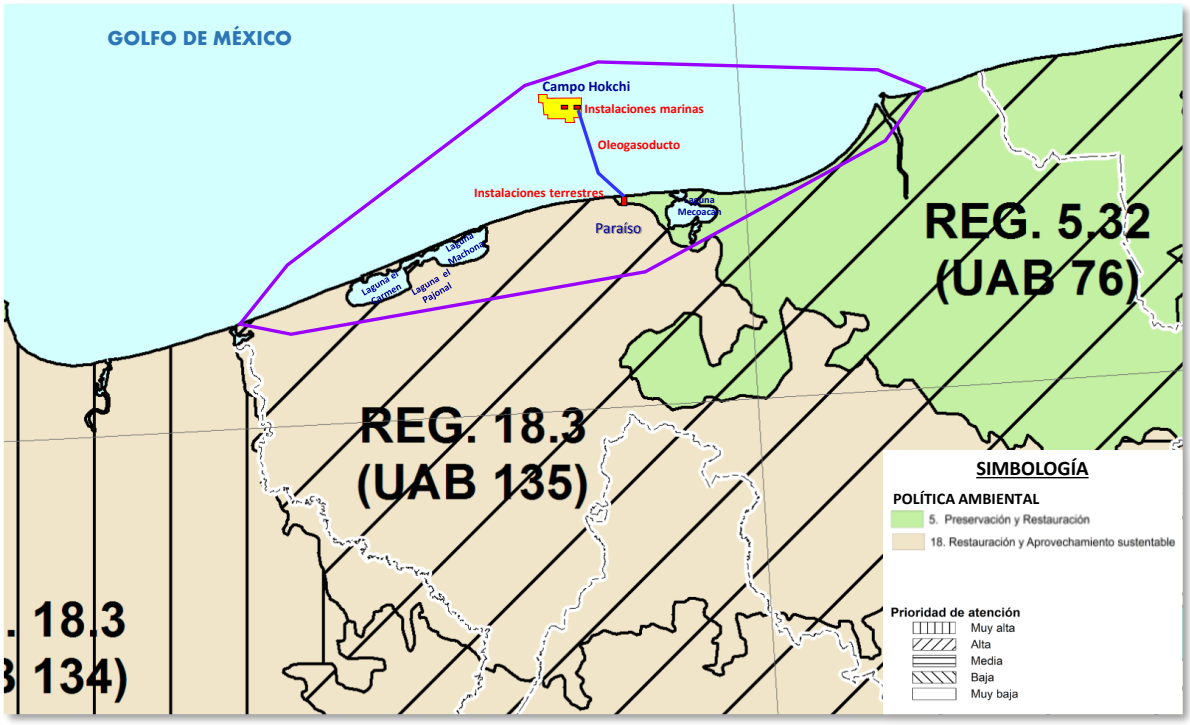


Figura IV. 7 Ubicación del Proyecto, Regiones Ecológicas y Unidades Ambientales Biofísicas

En la REG 5.32, le corresponde una Política Ambiental de preservación y restauración con una prioridad de atención alta donde el eje rector de la UAB es de preservación de flora y fauna; y la REG 18.3, su Política Ambiental es de restauración y aprovechamiento sustentable con prioridad de atención alta y el eje rector de dicha UAB es de agricultura, desarrollo social y ganadería con actividades coadyuvantes del desarrollo como la industria petrolera.

Cabe destacar que el área donde se ubicarán las instalaciones terrestres (Planta Hokchi), actualmente es de uso agrícola; para la instalación del oleoducto y gasoducto hacia la estación de medición, se aprovechará el uso del derecho de vía existente; y el área donde se instalará la Estación de medición, aun estando clasificada como de uso agrícola, se corroboró que actualmente es de uso de ganadería (Ver Anexo No. 5 Memoria fotográfica).

IV.1.4. Unidades de Gestión Ambiental del Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (OEMRGMMC)

Se realizó un análisis del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (publicado en el DOF el día 24 de noviembre de 2012) y considerando los resultados de la modelación de predicción de trayectorias de derrames de hidrocarburos en el mar, se identificaron que las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) con las que el proyecto podría tener interacción con algunos de sus elementos ambientales son:

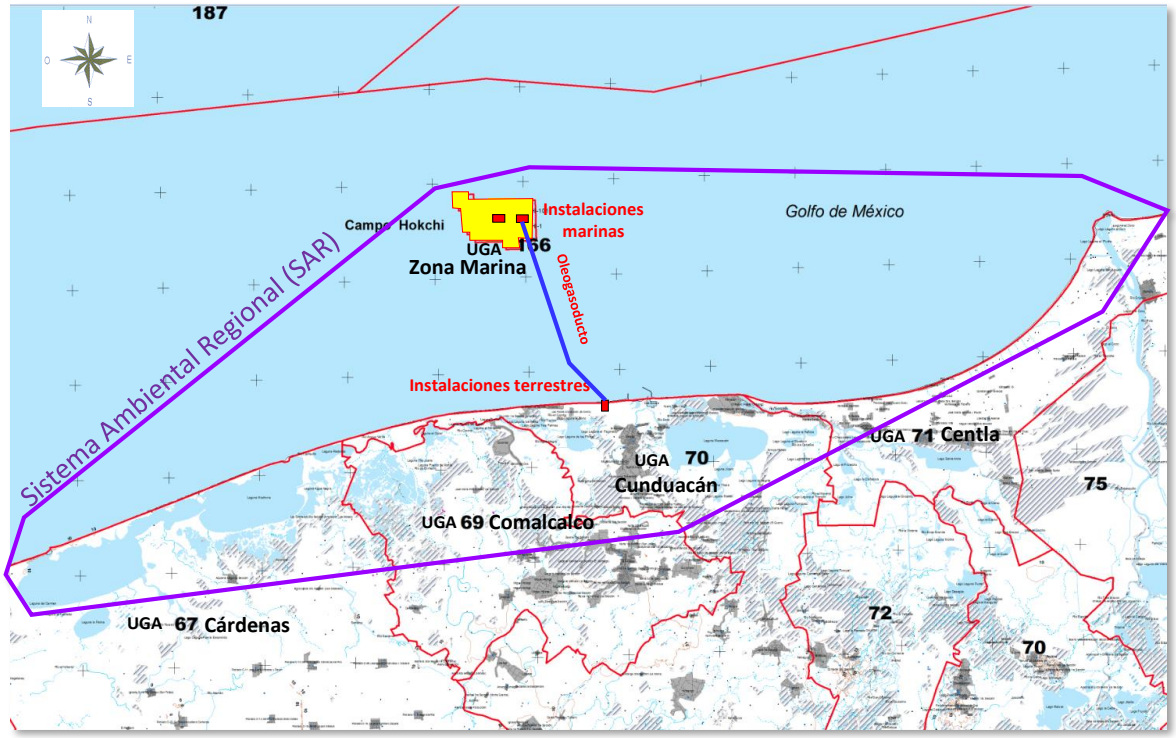


Figura IV. 8 SAR (UGA-67, UGA-69, UGA-70, UGA-71 y UGA-166) y ubicación del Proyecto

Por el lado suroeste de las instalaciones marinas con la UGA-67 (Cárdenas), por el sur con la UGA-69 (Comalcalco) y la UGA-70 (Cunduacán); así como por el lado este-sureste con la UGA-71 (Centla), las cuales se rigen bajo los criterios de zonas costeras con acciones generales y específicas aplicables; y por el lado norte de éstas UGAs en zona marina con la UGA-166 (zona marina de competencia federal) que incluye áreas de exclusión petrolera y es en esta última UGA donde se ubicarán las dos plataformas, los pozos de producción, pozos de inyección, equipos, interconexiones; así como el oleogasoducto, tuberías de conducción de agua de inyección y umbilical que interconectarán con las instalaciones terrestres a ubicarse en el municipio de Paraíso, Tabasco.

Las instalaciones terrestres que forman parte de éste Proyecto, específicamente se ubicarán en el municipio de Paraíso, el cual queda inmerso en la UGA-70 denominada “Cunduacán”, donde las acciones y criterios específicos (A-028), no excluyen la instalación de infraestructura de proyectos prioritarios de beneficio público como son las instalaciones Petroleras y CFE.

IV.1.5. Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (POEET)

El Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco publicado en el Periódico Oficial del día 20 de diciembre de 2006 y su respectiva modificación el día 22 de diciembre de 2012, éste ordenamiento establece sus Unidades de Gestión Ambiental por municipios. En este mismo contexto, el Sistema Ambiental donde se ubicarán las instalaciones terrestres y su posible interacción de sus diferentes actividades con los elementos ambientales estará delimitada en la zona costera por los siguientes municipios:

Unidades de Gestión Ambiental del Municipio de Cárdenas

Unidades de Gestión Ambiental del Municipio de Comalcalco

Unidades de Gestión Ambiental del Municipio de Paraíso

Unidades de Gestión Ambiental del Municipio de Centla

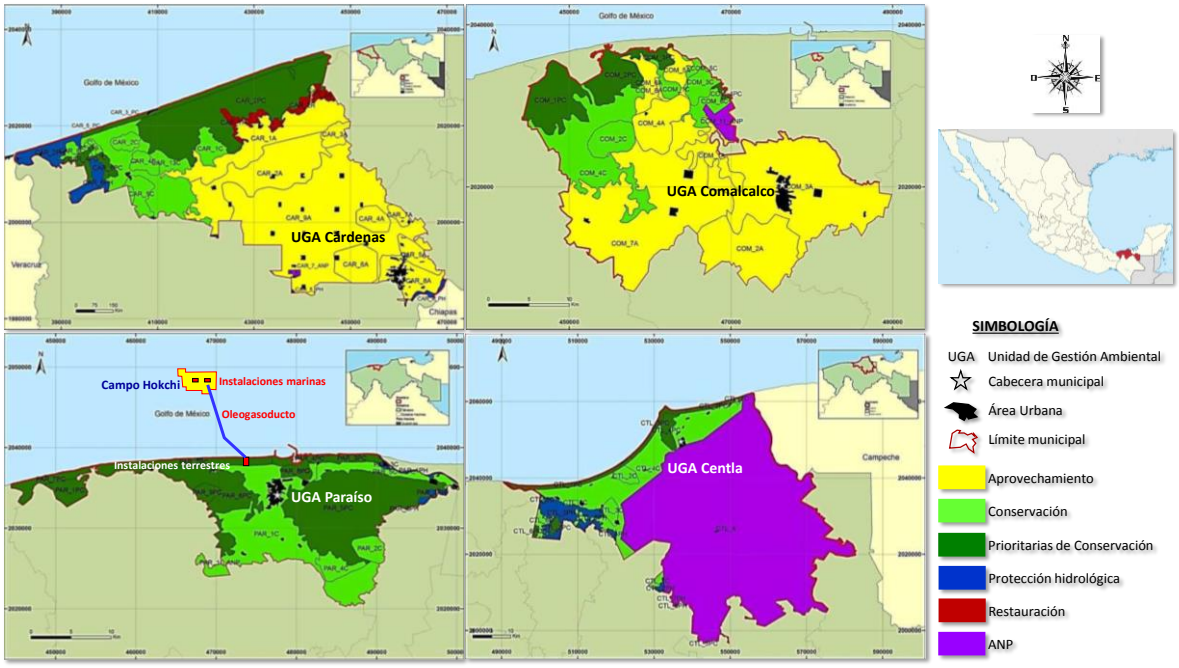


Figura IV. 9 Ubicación del Proyecto y UGAs del POE del Estado de Tabasco

Donde los criterios ecológicos generales, específicos y sus estrategias están orientados a proteger las especies nativas, disminuir los impactos de las actividades productivas e infraestructura, reducir la pérdida de cobertura forestal, aprovechamiento racional de los

recursos; así como el manejo adecuado de los residuos conforme a la normatividad vigente para evitar contaminación al suelo, agua superficial y subterránea entre otros.

Dentro de estas zonas del SAR, se establece que para el tendido de ductos, líneas de descarga e infraestructura petrolera, se deberán establecer medidas preventivas, de restauración y compensación para mantener la salud de los ecosistemas las escorrentías y la conectividad biológica, utilizando perforación direccional controlada cuando los ductos o líneas de descarga atraviesen ríos, cuerpos de agua, vegetación de manglar o selvas, dando preferencia el uso de áreas de bajo impacto o ya impactadas.

Resumen de la Delimitación del Sistema Ambiental Regional

Debido a las grandes extensiones marinas y terrestres que abarcan las UGAs donde el Proyecto podría tener interacciones con los elementos ambientales, para la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) se realizaron modelaciones con GNOME (*General NOAA Operational Modeling Environment*) que es un simulador de predicción de ruta o trayectorias que podrían seguir las manchas de petróleo derramado desde su inicio en la zona de explotación hasta su arribo a la costa.

Esta herramienta de predicción es útil para la elaboración de planes de respuesta a emergencias y así anticiparse con las medidas y procedimientos de mitigación de los posibles daños ambientales tanto en el mar como en la zona costera. Sin embargo, las medidas efectivas para atención a emergencias deben dar prioridad a las medidas preventivas que eviten la materialización de los eventos más peligrosos ante cualquier otra acción correctiva o aplicar las medidas de mitigación correspondientes en caso de que dichos eventos hayan sucedido.

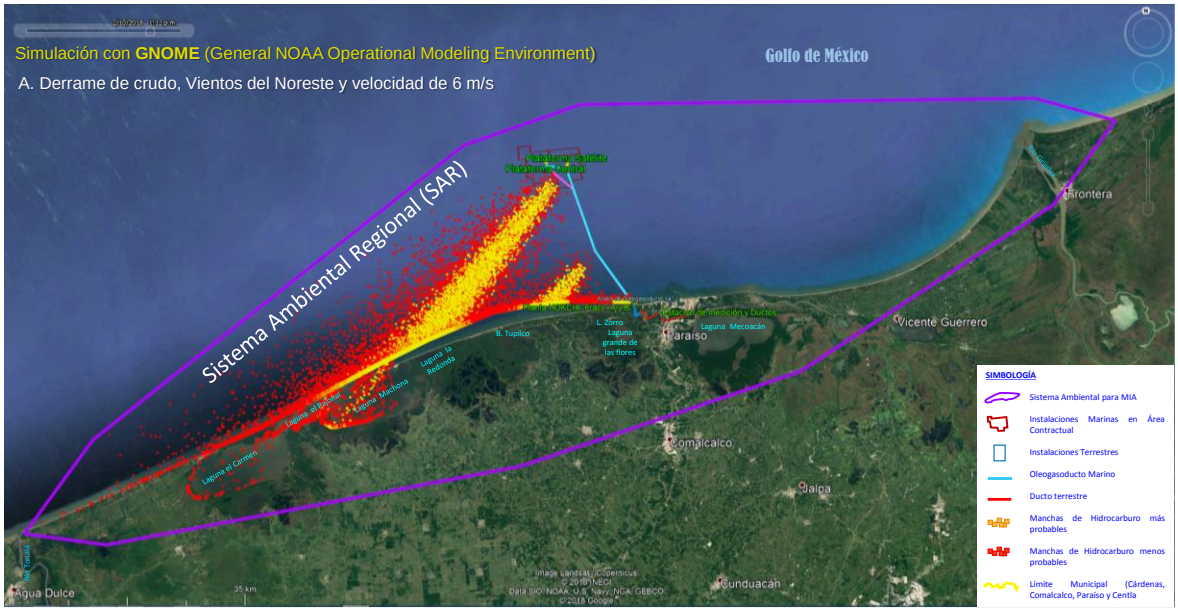


Figura IV. 10 Delimitación del SAR por dispersión de Hidrocarburos en el mar, Vientos reinantes (NE)

Considerando ambas trayectorias de dispersión de hidrocarburos (puntos de color amarillo más probable y color rojo menos probable) en zona marina para cada uno de los escenarios, se observa que de no tomarse acciones rápidas y efectivas de respuesta a emergencias durante algún derrame significativo, las áreas que podrían ser afectadas serían desde las costas del municipio de Paraíso hasta las Lagunas la Machona, el Pajonal y el Carmen; así como posibles afectaciones a la flora y fauna marina y terrestre, y a las actividades recreativas y económicas que se desarrollan en la zona costera de los municipios de Cárdenas, Comalcalco y Paraíso, delimitados en el SAR tanto por UGAs con apoyo de la modelación de derrames de hidrocarburos en el medio marino con GNOME.

Cabe destacar que en la delimitación del SAR también se incluyeron las posibles afectaciones en temporada de nortes con vientos dominantes hacia las costas de Paraíso, así como también se consideró el lado Oriente del Proyecto con el objeto de llevar a cabo una caracterización y análisis ambiental en forma más completa abarcando hasta la zona costera del municipio de Centla (Ver figura IV.11).

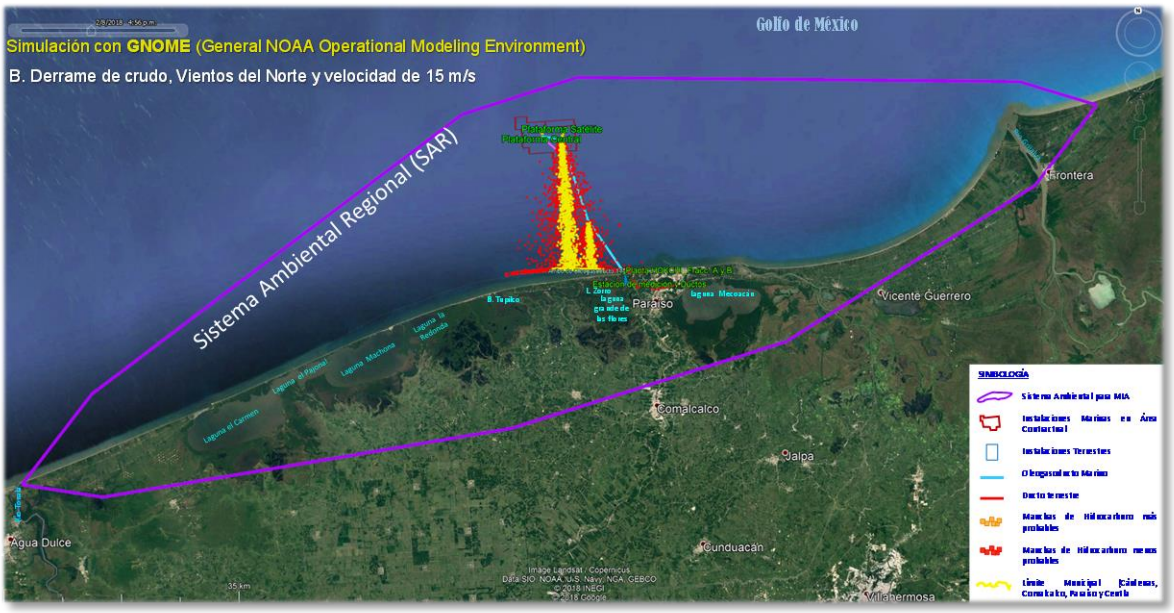


Figura IV. 11 Delimitación del SAR por dispersión de Hidrocarburos en el mar Vientos dominantes (N)

Con respecto al monitoreo de emisiones de gases contaminantes, se encontró que en la región o área de influencia del proyecto, actualmente la calidad del aire es buena debido a que en general, para el Ozono, Monóxido de Carbono, Óxido Nítrico (NO), Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y Óxidos de Nitrógeno (NO_x) los valores encontrados están por debajo de la norma de calidad del aire. Del mismo modo, las concentraciones de Ácido Sulfhídrico, se encontraron por debajo de valores de referencia, estos valores fueron asociados a actividades de almacenamiento de hidrocarburos en zona terrestre y/o al proceso de digestión anaerobia de materia orgánica.

Una vez analizadas las extensiones marinas y terrestres con las herramientas ya mencionadas, los resultados nos dan la pauta de establecer una línea imaginaria (color

morado) tanto en la zona marina como en la parte terrestre para delimitar el Sistema Ambiental Regional (SAR). De esta manera, la recopilación, análisis y caracterización de la información ambiental será más convincente sobre las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) que el Proyecto podría involucrar.

En resumen, se identificaron las siguientes regiones ecológicas, unidades biofísicas y las unidades de gestión ambiental tanto de competencia federal como de competencia estatal para la caracterización y análisis y así llegar a un buen diagnóstico del SAR:

⇒ Del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (DOF 24-11-2012), las Regiones Ecológicas donde se ubicará el proyecto son: REG- 5.32 y REG-18.3; así como las Unidades Ambiental Biofísicas UAB-76 “Llanuras fluviodeltáicas de Tabasco” y UAB-135 “Planicies Aluviales del Occidente de Tabasco” con Políticas Ambientales de preservación y restauración y de aprovechamiento sustentable con actividades coadyuvantes del desarrollo como la industria petrolera.

⇒ Del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (DOF 24-11-2012), las UGAs son: UGA-67 (Cárdenas), UGA-69 (Comalcalco), UGA-70 (Cunduacán) específicamente la zona costera del municipio de Paraíso, UGA-71 (Centla), y UGA-166 (zona marina de competencia federal) por el lado norte del municipio de Paraíso en la zona marina.

⇒ Del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (DOF 20-12-2006), modificado (DOF 22-12-2012), las Unidades de Gestión Ambiental municipales establecidos en este ordenamiento son: Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla.

En general en el SAR delimitado para éste Proyecto, las Políticas, los criterios ecológicos y las estrategias ambientales en los tres niveles de gobierno **no prohíben** el desarrollo de las actividades productivas del sector petrolero e infraestructura, solo orientan y fomentan la protección de especies de flora y fauna, con la finalidad de disminuir los impactos de dichas actividades; así como para reducir la pérdida de cobertura forestal, fomentan el aprovechamiento racional de los recursos; el manejo adecuado de los residuos conforme a la normatividad vigente que conlleven a evitar la contaminación del suelo, agua superficial y subterránea, etc. Así como el empleo de tecnologías que fomenten el desarrollo y buen desempeño de las actividades productivas empleando las mejores prácticas y medidas preventivas, tanto de restauración y compensación para mantener la salud de los ecosistemas las escorrentías y la conectividad biológica.

Escenarios de riesgos en instalaciones terrestres

Cabe hacer notar que los escenarios de riesgos en las instalaciones terrestres no fueron considerados para la delimitación del SAR, debido a que éstos no rebasan los 200 metros alrededor de los puntos de fuga. Sin embargo, estos escenarios quedarían inmersos en gran medida en el SAR definido e inclusive dentro del área de influencia directa del proyecto como se observa en la figura que muestra el área de influencia directa del proyecto al inicio de éste Capítulo.

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental

El análisis integral que se presenta en adelante, incluye: los elementos del medio físico biótico y abiótico, social, económico y cultural, así como el análisis de los diferentes usos de suelo y del agua presentes en el área de estudio. También se considerará la variabilidad estacional de los componentes ambientales, los cuales reflejan el comportamiento y las tendencias.

Las evidencias como mapas e imágenes para el desarrollo, descripción y análisis de los aspectos ambientales de los siguientes apartados, se presentan en el Anexo No. 2.

IV.2.1 Aspectos abióticos

a) Clima

De acuerdo a la carta estatal de climas del INEGI del estado de Tabasco con criterios de clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta Garcia (1981), el tipo de clima en el Sistema Ambiental (municipios de Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla en zona terrestre) donde se ubicará el proyecto y sus alrededores, pertenece a un clima *Am(f)* que corresponde a un clima cálido húmedo con lluvias todo el año donde la precipitación del mes más seco es menor de 60 mm.

Este clima se caracteriza por sus temperaturas medias anuales superiores a 18°C, presentándose en la zona de estudio la media anual que oscila entre 24 y 28º C, siendo la temperatura media anual más alta de 27.4º C y la mínima de 26.2° C en los últimos cinco años.



Figura IV. 12 - Clima según la clasificación de Köppen, modificada por E. Garcia
Fuente: Instituto de Geografía -Unam, abril de 1989.

Debido a que el Sistema Ambiental (SAR) se encuentra situada en la margen sur del Golfo de México cuyas extensiones terrestres están formadas por zonas de planicie, la invasión de masas de aire marítimo es directa y provoca gran parte de la precipitación total anual, las cuales oscilan en los 1500 mm y se van incrementando a medida que se alejan de la zona costera con rumbo hacia el sur.

La ubicación de este SAR en la zona tropical y su escasa elevación con respecto al nivel del mar determinan el desarrollo de climas cálidos con influencia marítima y la variación de la temperatura es moderada como se describe a continuación.

Temperatura

De las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional de la CONAGUA con datos 1951-2010, el clima en los municipios que comprenden el Sistema Ambiental (Cárdenas, Comalcalco, Paraíso, Centla y la zona marina) son los siguientes:

⇒ Estación climatológica 27013, ubicada en la Encrucijada en el municipio de Cárdenas, las temperaturas promedio anuales son: 31.8 °C, 26.6 °C y 21.4 °C, máxima, media y mínima respectivamente. Presentándose precipitaciones anuales promedio de 1982 mm.

⇒ Estación climatológica 27009, ubicada en Comalcalco, las temperaturas promedio anuales son: 31.4 °C, 26.3 °C y 21.3 °C, máxima, media y mínima respectivamente. Presentándose precipitaciones anuales promedio de 1848 mm.

⇒ Estación climatológica 27034, ubicada en Paraíso, las temperaturas promedio anuales son: 31.4 °C, 26.5 °C y 21.7 °C, máxima, media y mínima respectivamente. Presentándose precipitaciones anuales promedio de 1769 mm.

⇒ Estación climatológica 27016, ubicada en Frontera A. Obregón, Centla, las temperaturas promedio anuales son: 33.6 °C, 27 °C y 20.4 °C, máxima, media y mínima respectivamente. Presentándose precipitaciones anuales promedio de 1494 mm.

⇒ Estación climatológica 4005, ubicada en Cayo Arcas, Insular Campeche, las temperaturas promedio anuales son: 30.2 °C, 27.6 °C y 25 °C, máxima, media y mínima respectivamente. Presentándose precipitaciones anuales promedio de 356 mm.

Dentro del análisis de climas para el ambiente marino, se obtuvieron datos de la misma fuente para Cayo Arcas, Campeche ubicada al Noreste del Proyecto del cual se observa que aun estando a más de 235 km de las costas de Paraíso, las temperaturas tienen poca variabilidad y oscilan en el mismo rango, no obstante así para la precipitación.

Humedad relativa y evaporación

De la Síntesis Geográfica del estado de Tabasco se tiene que la humedad relativa para la zona fluctúa entre 80% y 86%. Específicamente en el área del proyecto el rango va de 75.5 a 78.3%, presentándose en el mes de enero el promedio más alto de 83.3% y 69.5% como promedio más bajo en abril. Ésta alta humedad hace que en todo el estado permanezca nublado gran parte del año provocando una baja insolación.

Durante el día el ambiente marino se mantiene más húmedo, debido a la influencia del mar a diferencia del ambiente terrestre, donde la humedad relativa presenta valores mínimos

muy marcados y pronunciados, alcanzando 50% alrededor de las 15:00 horas, mientras que en el ambiente marino en este periodo de tiempo los valores de la humedad relativa se mantiene por arriba de 70%.

Por la noche, la masa enorme de agua del mar emite al aire el calor absorbido durante el día manteniendo un intercambio térmico con la atmósfera marina–costera, y la variación de la humedad relativa y temperatura del aire se mantienen casi constantes; un proceso parecido de intercambio de calor ocurre durante el día.

La evaporación media anual es otra de las variables indispensables para conocer el balance hídrico de un acuífero o cuenca determina, en la región costera del municipio de Paraíso la evaporación media anual va de 1400 a 1500 mm. En el SAR delimitado, hacia el Este y Oeste del municipio de Paraíso, el promedio de evapotranspiración real disminuye entre 1300 – 1400 mm. Sin embargo, a manera de comparación, hacia el sur de este SAR la evapotranspiración aumenta, siendo superior a los 1500 mm.

Velocidad de vientos

De acuerdo al Informe de la Línea Base Ambiental de la región en estudio, la intensidad media anual del viento dominante en general oscila entre 9 a 12 m/s (32.4 a 43.2 km/hr).

De la información de ingeniería del plano de distribución de equipo para el proyecto, la dirección del viento prevaleciente provienen del noreste, la velocidad y dirección de los vientos se concentran en los meses de octubre, noviembre y diciembre, con velocidades que alcanzan los 30 km/h (8.3 m/s), presentándose en mayo y junio las menores, con velocidad de 21 km/h (5.8 m/s).

Como puede observarse, el SAR se encuentra en la zona de dominio de los vientos alisios del Noreste, los cuales tienen su origen en el borde Sur de la celda anticiclónica del Atlántico septentrional o celda Bermuda-Azores, que al atravesar el océano Atlántico recogen mucha humedad.

Fenómenos climatológicos

Los fenómenos climatológicos obtenidos de la clasificación de Köppen, modificado por E. Garcia, los más característicos que se presentan en estas zonas son: vientos alisios con ondas del este (ondas tropicales) provenientes del Atlántico y ciclones tropicales en verano y otoño, nortes en invierno con temperaturas elevadas y uniformes cuya media oscila entre los 24° y 28° C; las cuales influencian fuertemente a estos fenómenos climatológicos.

Huracanes.

Estos fenómenos meteorológicos conocidos como ciclones tropicales, son sistemas de baja presión con abundante lluvia y actividad eléctrica cuyos vientos rotan antihorariamente en el hemisferio norte. Un ciclón tropical con vientos menores o iguales a 62 km/h es llamado depresión tropical, cuando estos alcanzan velocidades de 63 a 117 km/h se le conoce como tormenta tropical y, al sobrepasar los 118 km/h, la tormenta tropical se convierte en huracán.

El monitoreo de la variable temperatura del mar es de suma importancia, debido a que la formación de estos meteoros son a partir de los 26º C. El monitoreo de la temperatura es una forma de conocer las zonas donde es posible que los ciclones se desplacen manteniendo o incrementando su intensidad.

En la figura IV.42 también se muestran seis instantes de la evolución de la temperatura superficial del mar a lo largo del año, del Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México, de CENAPRED, 2014, se tiene que de enero a abril la temperatura del mar cercana a México es menor que el resto del año. A partir de mayo se produce un incremento de la temperatura del mar, siendo más notable el aumento en el mes de julio para el golfo de México. A partir de noviembre la temperatura del mar comienza nuevamente a disminuir, recordando que la temporada de ciclones tropicales comienza el 1° de junio en el océano Atlántico y su término hasta el 30 de noviembre.

A continuación se presentan los mapas de probabilidades de formación de los ciclones tropicales (Depresión tropical, tormenta tropical o huracán) y sus trayectorias predominantes en el Golfo de México y Mar Caribe desde Junio a Noviembre.

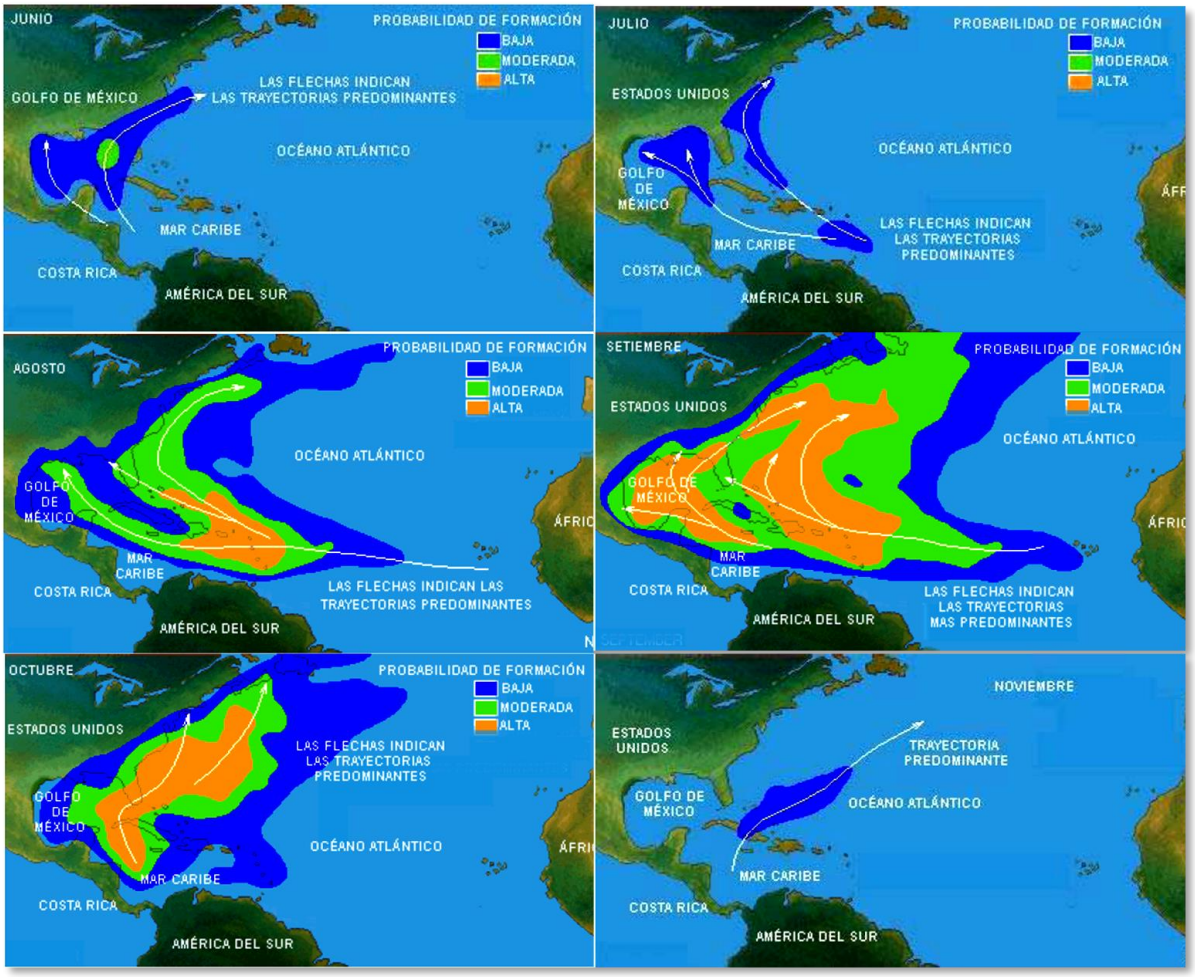


Figura IV. 13 Probabilidad de formación de los ciclones tropicales en el Golfo de México y Mar Caribe.
Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Como puede observarse en estos mapas emitidos por la NOAA, la probabilidad de formación de los ciclones tropicales en el Océano Atlántico y Golfo de México inicia desde

el mes de Junio, alcanzando un punto crítico en el área donde se ubicará el Proyecto en el mes de Septiembre y disminuyendo en Octubre hasta disiparse en el mes de Noviembre. Sin embargo, aunque en el área donde se ubicarán las instalaciones la probabilidad de formación es nula en los meses de Junio y Julio, y baja en el mes de Septiembre a Noviembre, como es de esperarse, las trayectorias de los ciclones tropicales que se forman en el Mar Caribe tienen tendencia hacia la planicies costera del Golfo de México, por lo que existe la posibilidad de que la zona se vea afectada por dicho fenómeno meteorológico, como se indica en el siguiente mapa de frecuencia de ocurrencia por año y la dirección promedio que podrían seguir dichos meteoros en el Golfo de México.

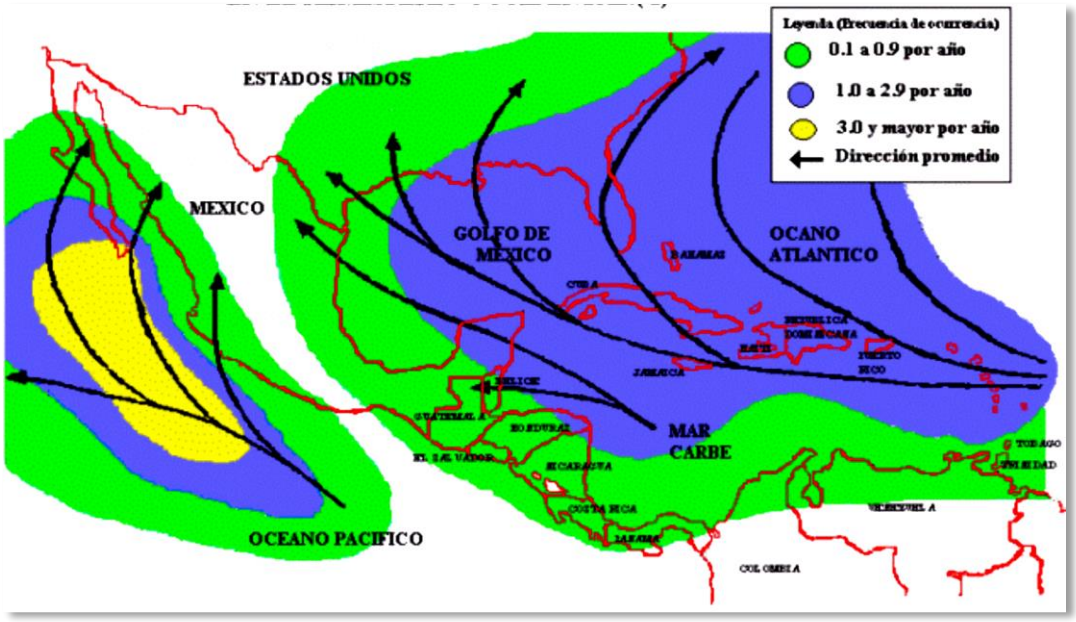


Figura IV. 14 Frecuencia de ocurrencia de los ciclones tropicales en el Golfo de México y Mar Caribe.
Fuente: Munchener Ruckversicherungs, “Mapa Mundial de Riesgos de la Naturaleza” Munich, Rep. Fed. de Alemania, 1988.

Estas perturbaciones, depresiones, tormentas y/o huracanes cuando inciden, pueden presentarse desde los meses de junio a octubre e inclusive hasta noviembre; los efectos de mayor consideración son las inundaciones que pueden ocurrir en la región.

Del Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), se tiene que desde el 1851 a 2014, en la zona de estudio desde la Laguna el Carmen hasta la desembocadura del río Grijalva en el municipio de Centla, solo se han presentado depresiones tropicales, tormentas tropicales y solo un huracán de nivel 1 que entró por el municipio de Paraíso convirtiéndose en tormenta tropical antes de llegar al municipio de Comalcalco (Ver figura IV.15).

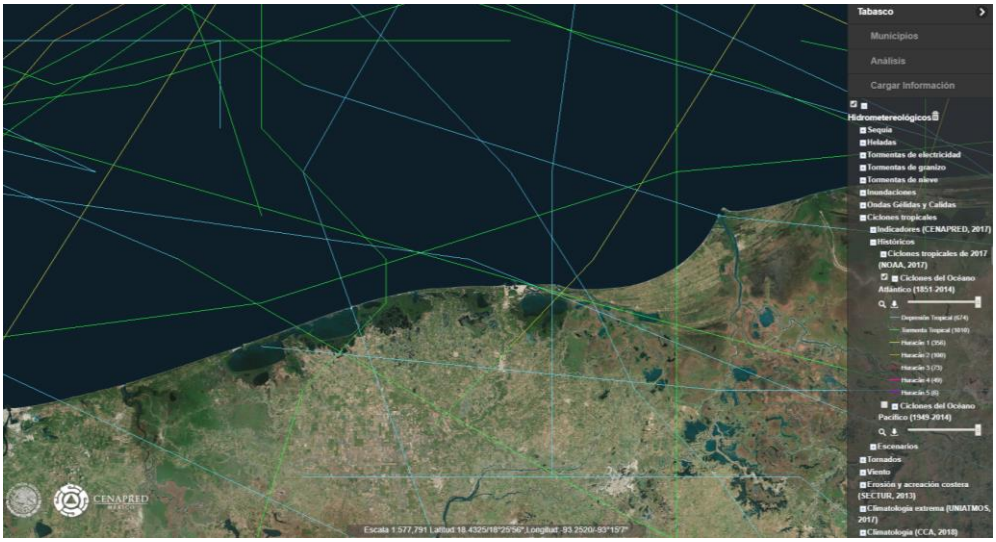


Figura IV. 15 Ciclones Tropicales (1851-2014) en el Sistema Ambiental
Fuente: CENAPRED, “Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco”.

Del mismo modo, derivado de otros análisis de información meteorológica realizada del entorno, se puede decir que en la región bajo estudio existe posibilidad de actividad de tormentas tropicales hasta huracanes. En la figura IV.16 presentan las trayectorias de los Huracanes, Depresiones y Tormentas tropicales (H, TS y TD respectivamente) que se han registrado en la costa de Tabasco en el periodo de 1990 a 2016 y el año de incidencia mostrado en la figura IV.17.

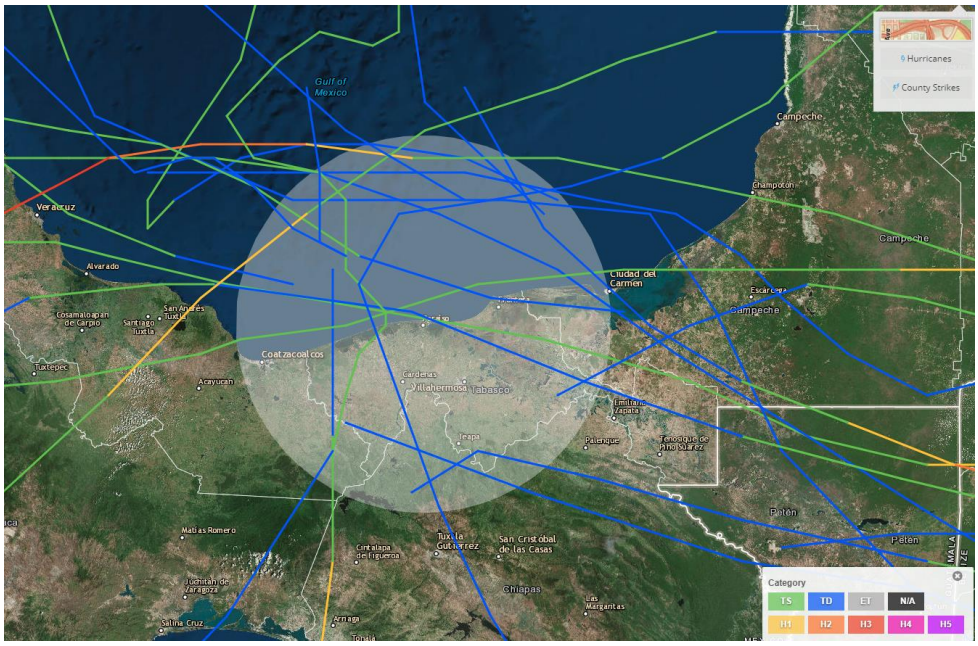


Figura IV. 16.- Trayectorias de Huracanes, Depresiones y Tormentas tropicales de 1990-2016 (costas de Tabasco)
Fuente: Análisis Histórico de la Meteorología, IMP.

En la figura IV.16 se presenta el número de huracanes por año, registrados en la costa de Tabasco en el periodo de 1990 a 2016, donde puede observarse que el mayor número de huracanes fue en el 2005. El número más frecuente de huracanes oscila entre 1 y 3 por año como puede observarse en la siguiente gráfica.

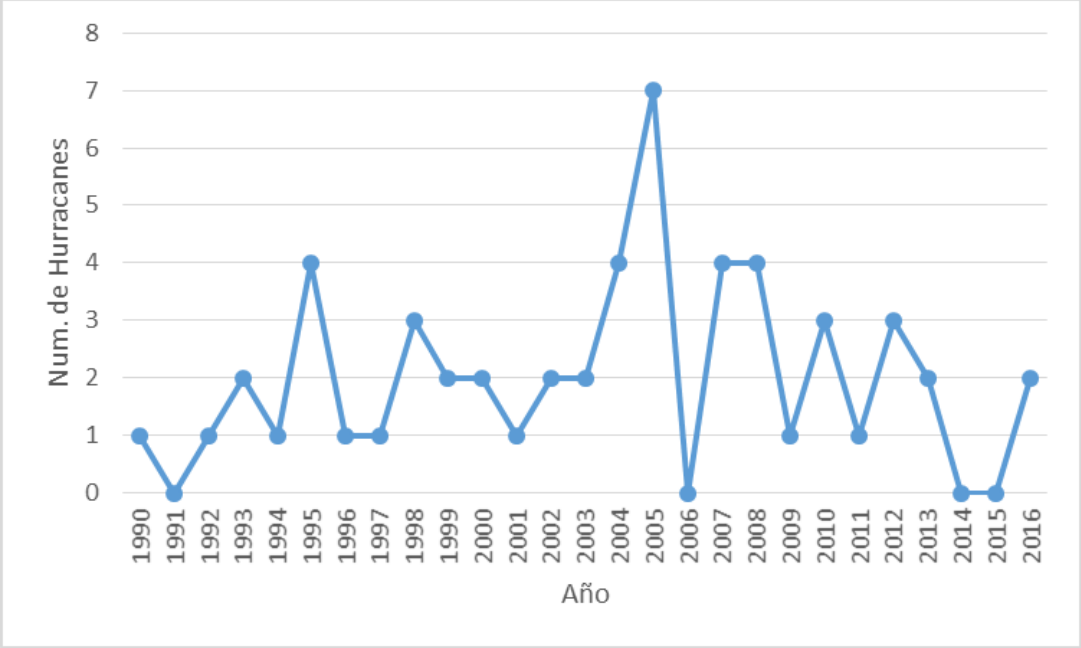


Figura IV. 17 Tormentas tropicales y Huracanes registrados en la costa de Tabasco de 1990 a 2016.
Fuente: Análisis Histórico de la Meteorología, IMP.

Sequías

De la Síntesis Geográfica del estado de Tabasco, se tiene que para la zona de estudio, la temporada de secas ocurre en el mes de marzo y abril, donde el volumen medio de precipitación en este periodo es de 40 mm, las precipitaciones en verano y principios de otoño son originados por los procesos convectivos de las masas de aire caliente y húmedo que invaden la zona, en tanto que en los meses de octubre a marzo, dichas precipitaciones son producto de los frentes fríos originados por los nortes que generalmente se manifiestan en forma de lloviznas durante este periodo.

Existe probabilidad de un periodo seco "corto" a partir del 27 de octubre, elevándose aún más hasta alcanzar valores muy cercanos a 1 (0.999) entre el 10 de marzo y el 22 de abril. Los periodos secos que se presentan duran entre seis y siete semanas, con periodo de retorno de veinte años, los periodos de sequías menos probables son en los meses de agosto a octubre.

El grado de peligro por sequía (CENAPRED) en el área del proyecto es “medio” y en los alrededores donde el proyecto puede tener influencia con los factores ambientales es “bajo” (ver figura IV.18).

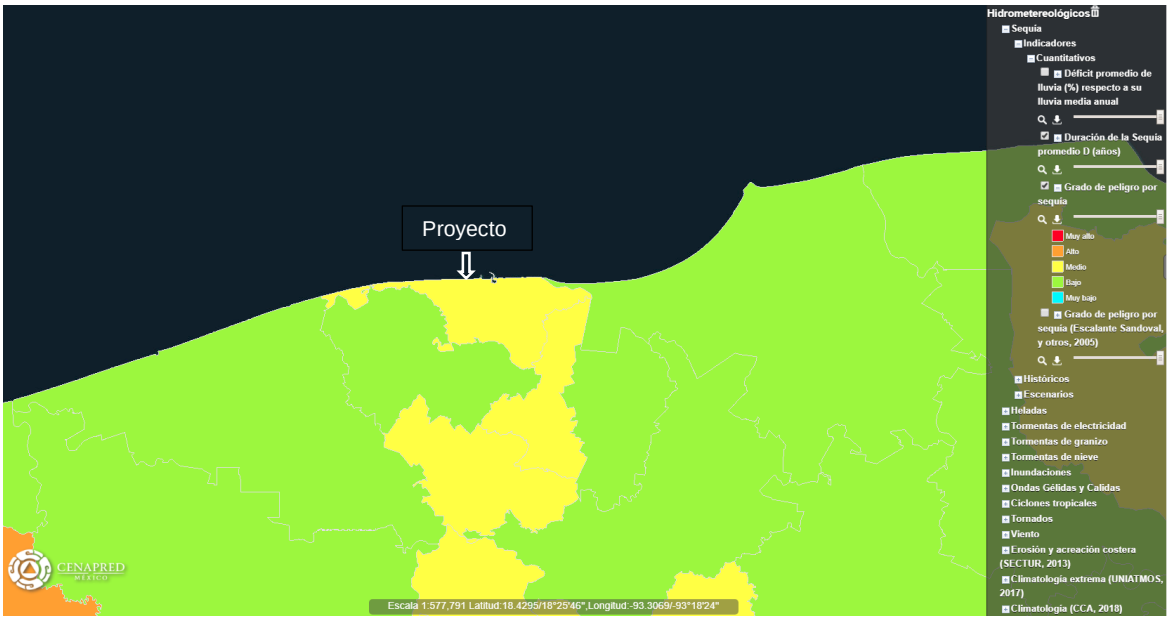


Figura IV. 18 Peligro por sequías en el área del Proyecto y el SA
Fuente: CENAPRED, “Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco”.

Un aspecto importante es que entre el 9 y 22 de julio, en general, ocurre la sequía intraestival, que no es otra cosa más que días con altas temperaturas y escasa precipitación dentro de una temporada húmeda, la mayor elevación de la probabilidad se da en Paraíso, donde se presentan periodos secos en nueve de cada diez años.

Nortes

Con relación a los frentes fríos o nortes, estos se presentan más de 25 entre los meses de noviembre a febrero y provocan descensos bruscos de temperatura por periodos cortos, aunque no ocasionan perturbaciones considerables; es decir, la incidencia de heladas y granizadas es prácticamente nula en la región debido a las ligeras variaciones de la temperatura a lo largo del año. No obstante, de información de la CONAGUA, el efecto de estos frentes fríos se ve reflejado en las actividades marítimas y actividades petroleras costa fuera en el Golfo de México.

b) Geología y geomorfología

Características litológicas del área

De la “Síntesis de Información Geográfica del estado de Tabasco, 2001”, en esta porción nor-noroeste del estado de Tabasco incluido en el SA que comprenden la zona costera de los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla; así como la zona marina colindante con dichos municipios, la geología estructural está conformada principalmente por rocas sedimentarias como calizas, areniscas y depósitos evaporíticos, las cuales fueron sometidos a severos esfuerzos de compresión, lo que provocó que las rocas más plásticas se plegaran y las más tenaces se fracturaran, generando estructuras positivas semejantes a pilares (Horst) y estructuras negativas semejantes a una fosa (Graben) delimitadas por

dos fallas normales que dieron lugar a la formación de trampas donde se fueron acumulando hidrocarburos y gas natural. Las rocas generadoras de hidrocarburos se consideran de edad tithoniana, Jurásico Medio y Jurásico Superiror, las cuales son ricas en materia orgánica, principalmente de algas que dieron origen a estos hidrocarburos.



Figura IV. 19 Geología Terrestre del SA (zona costera de Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla)
Fuente: INEGI, Carta geológica del estado de Tabasco y Servicio Geológico Mexicano-CG Minería-Secretaría de Economía

Estas estructuras del suebsuelo están asociadas a diferentes etapas tectónicas cuya evolución se resume en tres grandes eventos: una primera etapa de esfuerzos compresivos que plegó las rocas sedimentarias depositadas durante el Jurásico, lo que dio lugar a las geoformas representadas por anticlinales y sinclinales alargadas con rumbo noroeste-sureste en altitudes que varían entre 200 y 900 msnm; posteriormente se dio la intrusión de masas salinas hacia las capas superiores a través de planos de falla y ejes de anticlinales generando deformación tipo dómica; finalmente vino una etapa de relajamiento tectónico durante el Mioceno Superior-Pleistoceno, esta tectónica distensiva afectó a las geoformas preexistentes y generó desplazamientos laterales asociados al sistema Polochic-Motagua de edad Mioceno-Plioceno lo que dio origen a un relieve en forma de bloques y que superficialmente definen los valles tectónicos (grabens). Lo anterior originó la formación de las cuencas de Macuspana y Comalcalco donde se depositaron grandes espesores de sedimentos terrígenos.

En la zona marina, la presencia de estas fosas y pilares originó que las cuencas se desarrollaran aisladas unas de otras, con características particulares, en alguna de ellas existieron condiciones de mares someros con abundante materia orgánica que a la postre formarán las rocas generadoras de hidrocarburos y otras cuencas con tirantes de agua más someros que permitieron la formación de cuencas evaporíticas donde se depositaron

grandes espesores de yeso y sales que actualmente se conocen como domos, ver siguiente figura.

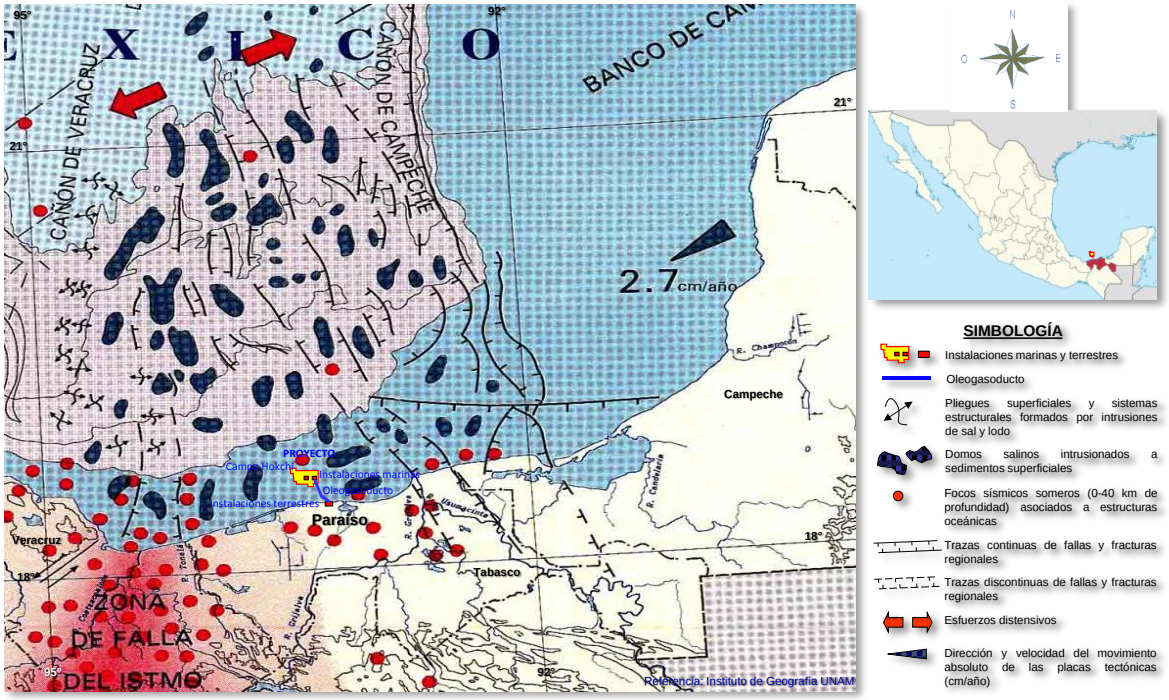


Figura IV. 20 Geología Marina

Fuente: Sistemas de Información Geográfica del Instituto de Geografía de la Unam, Octubre de 1991

Esta zona marina donde se ubicaran las plataformas se caracteriza por la presencia de depósitos sedimentarios pertenecientes al Cuaternario. El espesor promedio de esta secuencia es entre 550 metros y 650 metros de acuerdo a lo reportado por (C&C Technologies y Oceaneering, 2016). Los rasgos geológicos predominantes durante el Holoceno corresponden a formaciones arrecifales sobre estratos de sedimentos carbonatados y presencia de paleocanales, resultado de los cambios eustáticos del nivel del mar durante los eventos de glaciación. Diferentes autores que han estudiado el Golfo de México indican que la evolución tectónica y sedimentaria se caracterizó por una subsidencia lenta que comenzó en el Jurásico medio y continúa hoy en día.

De estudios geotécnicos más recientes (C&C Technologies y Oceaneering, 2016) para las zonas donde se ubicarán las Plataformas Satélite y Plataforma Central, y con la finalidad de determinar la capacidad de carga máxima y la revisión del comportamiento de las cimentaciones de dichas plataformas, se realizó el estudio a una profundidad de 120 m bajo el lecho marino, donde se definieron los siguientes aspectos:

- Determinación de la curva carga – penetración.
- Determinación de la profundidad final de penetración de los apoyos una vez realizada la precarga (preload).
- Posibilidad de falla por penetración súbita (punch – through) durante las operaciones de precarga (preload).

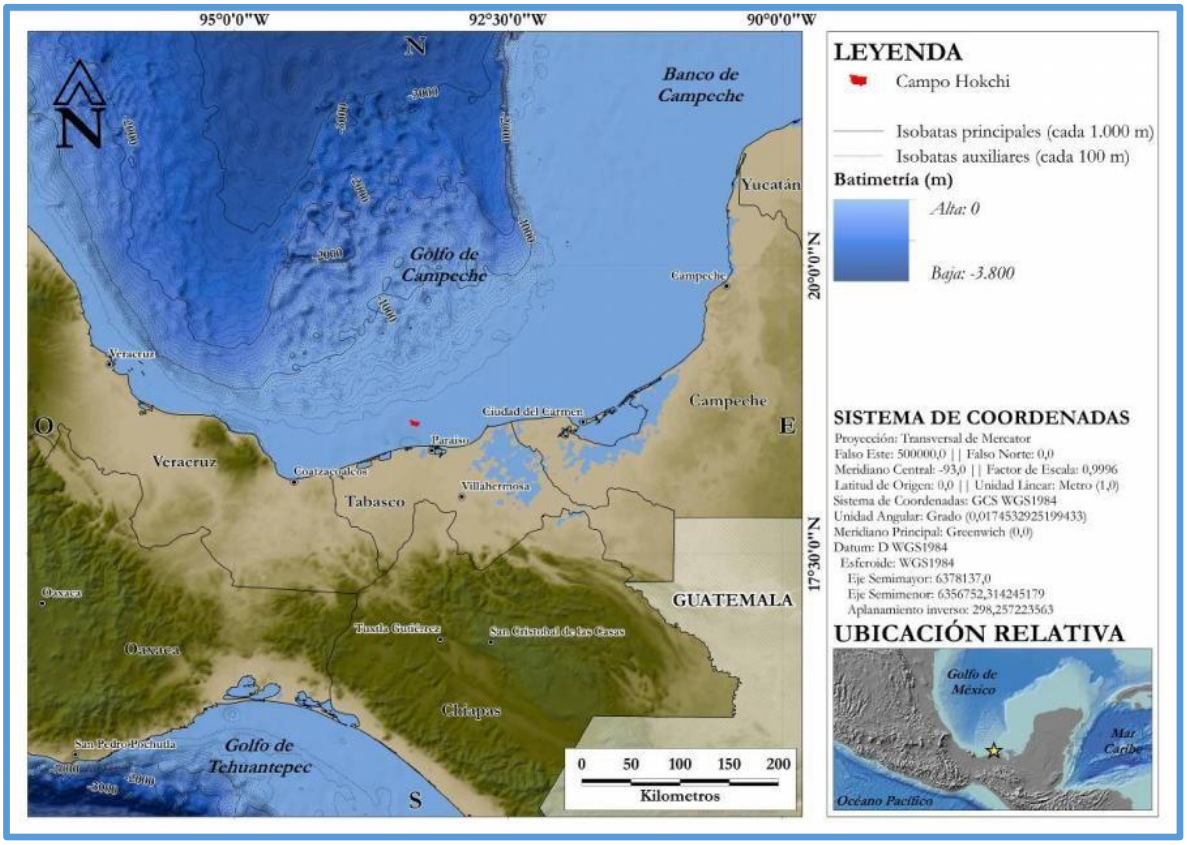


Figura IV. 21 Campo Hokchi donde se ubicarán las Plataformas Central y Satélite (Instalaciones marinas)
Fuente: Informe del "Servicio de Relevamiento Geotécnico Hokchi" 2016

Geología regional

Las instalaciones marinas y terrestres se ubicarán dentro de la Provincia Petrolera denominada "Cuencas del Sureste", la cual se localiza en la Planicie Costera del Golfo de México y la Plataforma Continental del sureste de México, incluyendo una porción terrestre y marina de aguas someras, ésta provincia en su parte terrestre abarca el sur del Estado de Veracruz, el norte del Estado de Chiapas, casi todo el Estado de Tabasco y el extremo sur occidental del Estado de Campeche; la porción marina, ocupa parte de la zona económica exclusiva en el Golfo de México, desde la isobata de 500 m hasta la línea de costa, comprendiendo las cuencas siguientes:

- Cuenca Salina del Istmo.
- Cuenca Comalcalco.
- Cuenca Macuspana.
- Cuenca Pilar Reforma-Akal.

Las Cuencas del Sureste es la más prolífica como productora de aceite a nivel nacional. Las actividades exploratorias iniciaron en el año 1979 y en los últimos 30 años se han perforado más de 300 pozos exploratorios que han hecho posible el descubrimiento,

evaluación y la producción de yacimientos de hidrocarburos en el Cretácico carbonatado y en el Terciario clástico de la columna sedimentaria.



Figura IV. 22 Mapa de localización de Cuencas Petroleras de México
Fuente: Informe del "Servicio de Relevamiento Geotécnico Hokchi" 2016

El área de estudio se caracteriza por la presencia de depósitos sedimentarios pertenecientes al Cuaternario. El espesor promedio de esta secuencia es entre 550 metros y 650 metros de acuerdo a lo reportado por (C&C Technologies y Oceaneering, 2016).

Los rasgos geológicos predominantes durante el Holoceno corresponden a formaciones arrecifales sobre estratos de sedimentos carbonatados y presencia de paleocanales, resultado de los cambios eustáticos del nivel del mar durante los eventos de glaciación.

Estratigrafía

El área del proyecto en la zona terrestre y el Sistema Ambiental delimitado que podría ser influenciado en sus elementos ambientales, se encuentran ubicados dentro de la provincia fisiográfica "Llanura Costera del Golfo Sur" y la Subprovincia "Llanuras y Pantanos Tabasqueños" que bordea la porción sur del golfo de México. Es una planicie de

composición sedimentaria cuyo origen está relacionado con la regresión del Océano Atlántico iniciada desde el Terciario Inferior; así como el relleno gradual de la cuenca oceánica en la parte marina de éste Sistema Ambiental donde hasta nuestros días se acumulan grandes volúmenes de material detrítico arrastrados por los cuerpos de agua epicontinentales hasta su desembocadura.

El rejuvenecimiento continuo de la plataforma costera ha permitido la erosión subsecuente de los depósitos marinos y continentales de edad Terciaria, los cuales se manifiestan con escasos lomeríos de baja elevación constituidos de calizas y areniscas de baja, lo que representa un relieve casi plano a medida que se acerca al Golfo de México. Dentro de la Subprovincia “Llanuras y Pantanos Tabasqueños”, los ríos han tenido cursos inestables, lo cual se debe a la acumulación de material aluvial reciente que cubre gran parte de la llanura principalmente del lado oriente del municipio de Paraíso hacia Centla y en menor proporción al occidente del mismo hacia los municipios de Comalcalco y Cárdenas.

Estratigráficamente, en la zonas de playa y barras costeras de la Llanura Costera del Golfo Sur, los suelos son de tipo Litoral a lo largo de la línea de costa desde la Laguna el Carmen, El Pajonal, La Machona, La Redonda, Barra de Tupilco, Playa El Limón, Laguna Barra Chiltepec, Playa Azul, Playa Pico de oro, Playa Miramar entre otras hasta la desembocadura del río Grijalva en el municipio de Centla. Los suelos en estas zonas están formados por acumulación de arena retrabajada por el oleaje y distribuida a lo largo de la línea de costa. Colindante hacia la parte sur a estos suelos de tipo litoral son de tipo Lacustre y Palustre conformados por sedimentos limosos, arcillosos y cuerpos lenticulares característicos de estas planicies inundables.

En estas zonas las rocas más antiguas son también de origen sedimentario y fueron depositadas en ambientes marinos, lagunares y deltaicos, donde se formaron calizas, evaporitas y conglomerados respectivamente, de estas las más antiguas son de edad cretácica.

Los factores geológicos que han influido en el depósito de las unidades litoestratigraficas en el área ha sido el tectonismo, principalmente manifestado en el área por el relleno de cuencas marinas y lacustres con aportes de materiales terrestres, transportados por una compleja red de corrientes superficiales, lo cual constituye la respuesta a un evento de carácter distensivo más joven desarrollado en la región, que se caracteriza por la ocurrencia de grandes fallas de crecimiento sindepositacional, de posible edad Mioceno Tardío y Plioceno-Pleistoceno.

La columna litoestratigráfica del área está constituida principalmente por secuencias de suelos y rocas consolidados y no consolidadas de edad Cuaternario y/o Reciente, La litología que caracteriza a esta secuencia, está representada predominantemente por arenas, con algunas gravas y arcillas, acumuladas dentro de los últimos 10 000 años, y cuyo origen se relaciona con procesos principalmente de carácter fluvial.

Hacia la parte basal se tienen depósitos de edad Pleistoceno, que litológicamente, se caracteriza como una secuencia de areniscas, dispuestas conformando cuerpos lenticulares, y de lutitas, con ocasionales cuerpos de conglomerados, gravillas y arenas, los cuales se asocian desarrollados dentro de ambientes transicionales de tipo deltaico y paludal, y aun esporádicamente de carácter continental, bajo condiciones fluviales.

Litológicamente el Plioceno se caracteriza, por una alternancia monótona de lutitas fosilíferas de color gris azuloso, las cuales son las más predominantes y areniscas, estas últimas, en partes tienen una matriz arcillo-calcárea, con algunas interestratificaciones de

horizontes de bentonita y presentan ocasionalmente algo de “mudstone” arcilloso, hacia el norte de la zona de estudio se marca una ligera tendencia al predominio de las areniscas.

(En el Anexo No. 2 se incluye el mapa de geología y Fisiografía)

Morfología y Características del relieve

El SAR y el área donde se ubicará el proyecto en la zona terrestre, está comprendida dentro de la “Llanura Costera del Golfo Sur”, específicamente en la subprovincia denominada “Llanuras y pantanos Tabasqueños” que comprenden los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla en la zona costera; así como otros municipios comprendidos dentro ésta Llanura, limitado al norte con el Golfo de México y hacia el sur con la provincia “Sierras de Chiapas y Guatemala”.

Esta subprovincia, en su porción central se unen las cuencas bajas de los ríos Grijalva y Usumacinta, las cuales sus corrientes confluyen al sur de Frontera en el lugar llamado tres brazos para finalmente desembocar en el Golfo de México.

En esta llanura costera, los cauces de los ríos han sido inestables, lo cual hace que la zona se encuentre cubierta en forma regular por material aluvial reciente en la mayor parte de la llanura. El área donde se ubicarán las instalaciones terrestres y sus alrededores próximas a la zona costera, se consideran zonas poco inundables, no obstante hacia el oriente del municipio de Paraíso donde existen amplias zonas inundables.

Geomorfológicamente en ésta porción de la subprovincia predomina la llanura costera, con muy bajos y escasos lomeríos, donde los sistemas de topoformas lo constituyen las barras, las cuales separan las aguas marinas de las aguas de los sistemas lagunares el Carmen, el Pajonal y la Machona; así como también constituidos por sistemas de dunas localizadas en la porción noroeste del estado de Tabasco entre la desembocadura del río Tonalá y la laguna el Carmen y en la parte central del SAR en estudio, entre la laguna el Cocal y Mecoacán. Dentro de estas características geomorfológicas, también se destacan las llanuras de barreras constituidas por playas que abarcan desde la laguna de Mecoacán hasta los límites con el estado de Campeche hacia el oriente del Proyecto.

La Geomorfológia en la zona de estudio marino corresponde al rasgo de llanura costera, de relieve suave con pequeñas elevaciones. En el informe presentado por (C&C Technologies y Oceaneering, 2016) se identifican desniveles del orden de 0,5 metros para este sector.

El ambiente de deposición predominante corresponde a depósitos deltaicos que a su vez forman abanicos submarinos en la parte proximal del talud continental. Los sedimentos predominantemente terrígenos son producto del acarreo de los ríos Grijalva, Usumacinta, San Pedro y de la desembocadura de la Laguna de Términos por sus abundantes corrientes fluviales. El material es transportado y se distribuye sobre el fondo marino acompañado con arenas. Cercano a la costa donde el movimiento del mar es turbulento, se depositan las arenas finas, a medida que se avanza en profundidad, el flujo se comporta de manera laminar y de baja velocidad permitiendo que depositen los materiales finos tipo arcilla.

Del informe final del “Servicio de Relevamiento Geotécnico Hokchi” 2016, se tiene que la geomorfología a nivel regional por el lado noreste del proyecto es la denominada Plataforma amplia conocida en la literatura como la Plataforma de Yucatán o el Banco de Campeche,

la cual tiene una profundidad de -100 metros entre la línea de costa hasta el límite del cañón submarino.

En esta región se muestra una variedad de topografías submarinas asociadas a la evolución geológica del Golfo de México, identificando los siguientes rasgos morfológicos regionales:

1. Plataforma amplia (Banco de Campeche).
2. Cañón submarino (Cañón de Campeche).
3. Montículos salinos.
4. Llanura profunda.
5. Plataforma estrecha.

Ver siguiente figura.

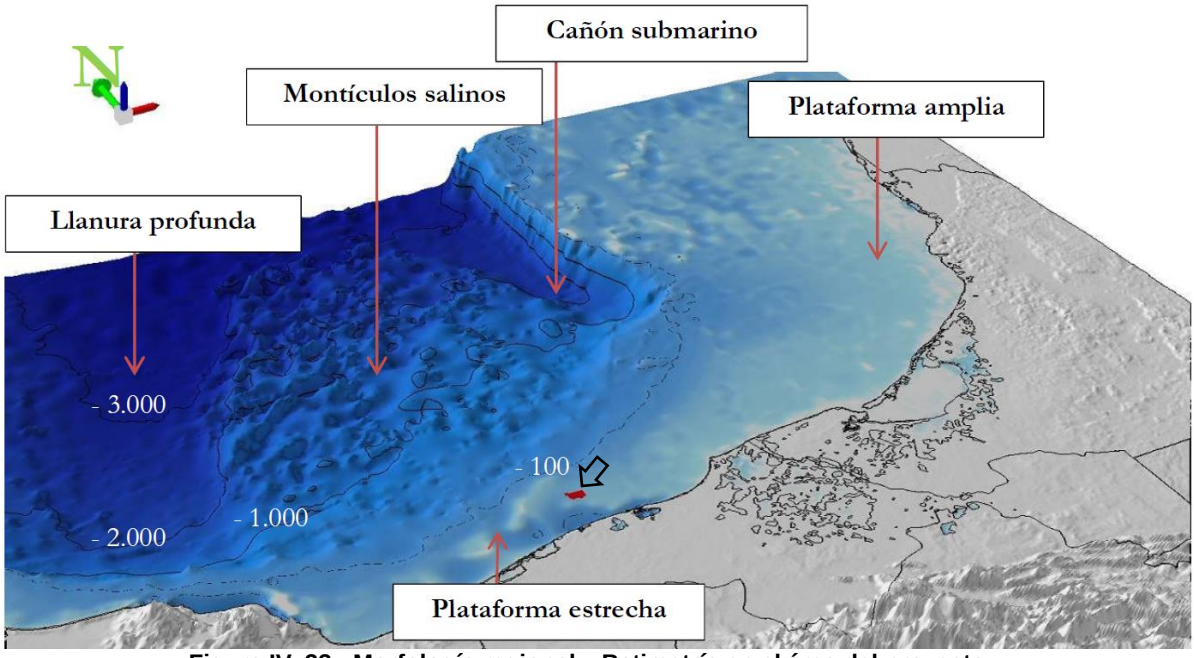


Figura IV. 23.- Morfología regional y Batimetría en el área del proyecto.
Fuente: Informe del "Servicio de Relevamiento Geotécnico Hokchi" 2016

Como se observa en la figura anterior, el proyecto se ubicará en la Plataforma estrecha, la cual se encuentra al norte de la línea de costa de los municipios de Centla, Paraíso, Comalcalco y Cárdenas del estado de Tabasco; así como al sur de los montículos salinos con profundidad de hasta -100 metros, donde las pendientes no superan el 3 % hasta posiblemente a 50 kilómetros de distancia del quiebre de la plataforma continental y la línea de costa.

En general, tanto en la Plataforma amplia y en la Plataforma estrecha las pendientes de la zona no superan el 3 % por lo que las geometrías de la zona pueden ser definidas como

una planicie submarina amplia y estrecha respectivamente con profundidades relativamente bajas.

(En el Anexo No. 2 se incluye el mapa de Geología y Fisiografía)

Fallas y Fracturas

En cuanto a la geología estructural donde se ubicará el Proyecto, se han detectado en el estado estructuras asociadas a diferentes etapas tectónicas cuya evolución se resume en tres grandes eventos: una primera etapa de esfuerzos compresivos que plegó las rocas sedimentarias depositadas durante el Jurásico, lo que dio lugar a la formación de geoformas representadas por anticlinales y sinclinales alargadas con rumbo noroeste sureste; posteriormente se dio la intrusión de masas salinas hacia las capas superiores a través de planos de falla y ejes de anticlinales generando deformación tipo dómica distribuida de forma irregular; finalmente vino una etapa de relajamiento tectónico durante el Mioceno superior y Pleistoceno cuya tectónica distensiva afectó a las geoformas preexistentes y generó desplazamientos laterales que dieron origen a las fallas y cuencas de Macuspana y Comalcalco (Ver figura siguiente), que ésta última se prolonga hacia el continente con dirección noreste-suroeste del Proyecto y son las que rigen a la provincia fisiográfica (Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, A. C., Marzo, 2006).

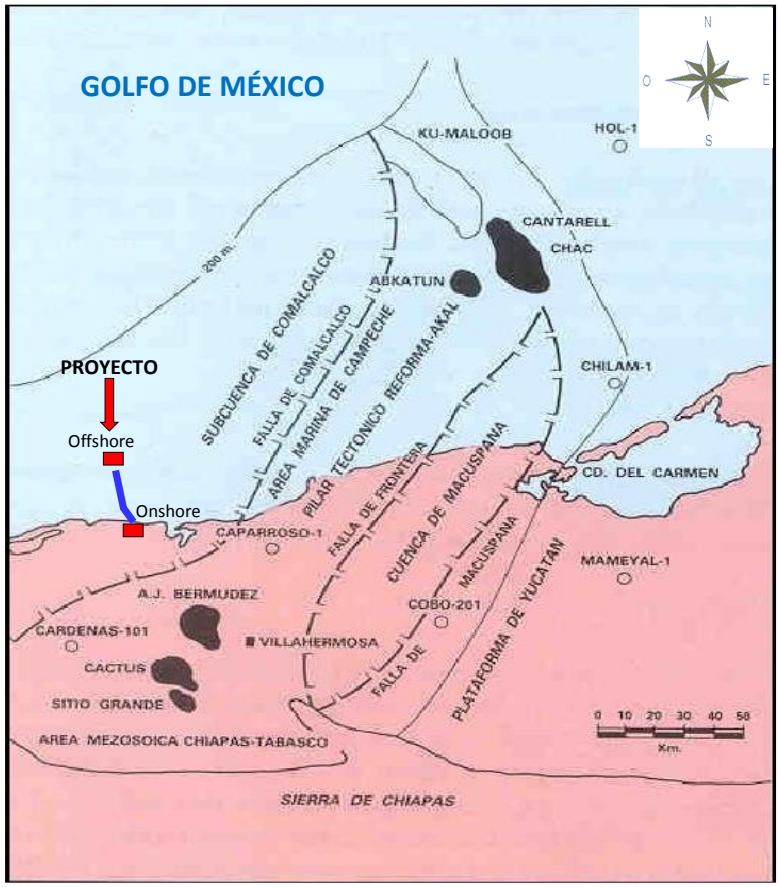


Figura IV. 24 Fallas y fracturas en el área del proyecto y alrededores

Fuente: Geología Marina, Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, A. C., Marzo, 2006.

De acuerdo a estudios geofísicos de sismología (Fugro McClelland, 1996) sugieren que la zona de influencia marina, constituye una zona tectónicamente estable.

El tectónismo regional en zona marina donde se ubicaran las instalaciones, se encuentran inmersas en la Cuencas del Sureste, donde se presenta la siguiente actividad tectónica que ha dado lugar a su formación:

Cuenca Salina del Istmo.

Las rocas mesozoicas y paleógenos están afectadas ya sea por plegamiento y fallamiento o por rotación de capas en los pedestales de los diapiros salinos; en el Terciario se presentan estructuras de tipo domo asociadas a masas salinas, fallas lístricas con inclinación al noroeste que afectan incluso hasta el Mesozoico y fallas lístricas contra-regionales.

Cuenca Macuspana.

Caracterizada por fallas lístricas del Mioceno-Plioceno temprano de orientación NE-SO e inclinación al NE con anticlinales rollover asociados a la evacuación de arcillas del Oligoceno. En la porción marina estas fallas rompen y desplazan al noroeste las rocas del Mesozoico con un sistema raft poniendo en contacto la sal jurásica con sedimentos del Oligoceno. Hacia su borde occidental ocurren fallas lístricas del Plioceno Tardío-Pleistoceno con orientación noreste-suroeste e inclinación hacia el sureste y anticlinales elongados y apretados del Plio- Pleistoceno asociados a la inversión de las fallas durante del Mioceno. En su porción marina, en esta cuenca se registran diferentes prospectos petroleros, como continuación del alineamiento productor de la zona terrestre.

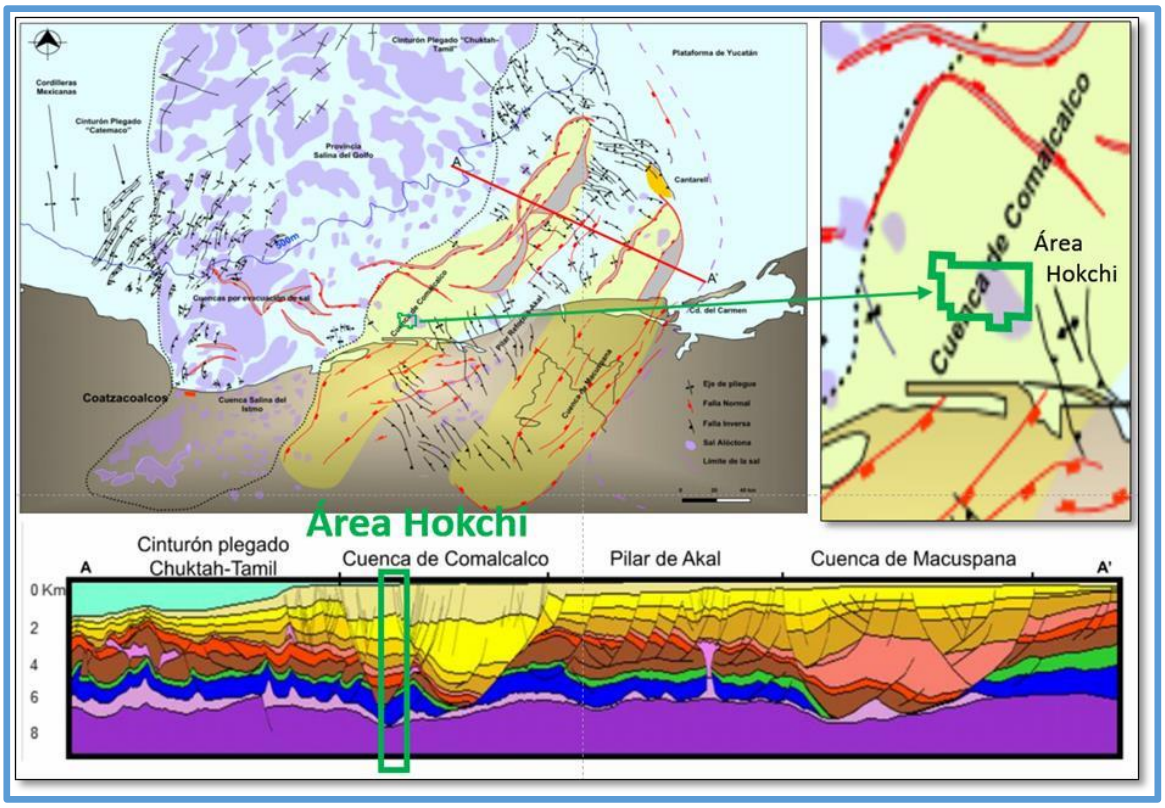


Figura IV. 25 Marco estructural (Tectonismo) de las Cuencas del Sureste
Fuente: Informe del "Servicio de Relevamiento Geotécnico Hokchi" 2016

Cuenca Pilar de Akal.

Se distinguen tres eventos tectónicos que han conformado el marco estructural regional. Inicialmente un evento extensional asociado a la apertura del Golfo de México en el Jurásico Medio, representado por una serie de fallas normales como resultado de esfuerzos distensivos con la consecuente formación de fosas y pilares en el basamento, seguido de un evento compresivo caracterizado por una serie de estructuras de alto a regular relieve, orientadas de manera general NO-SE. Están afectadas en sus flancos por una serie de fallas inversas con diferentes inclinaciones, así como cabalgaduras. Finalmente, un evento extensional final durante el Neógeno grandes fallas de crecimiento que, en algunos casos, están asociadas con intrusiones de arcilla y/o sal.

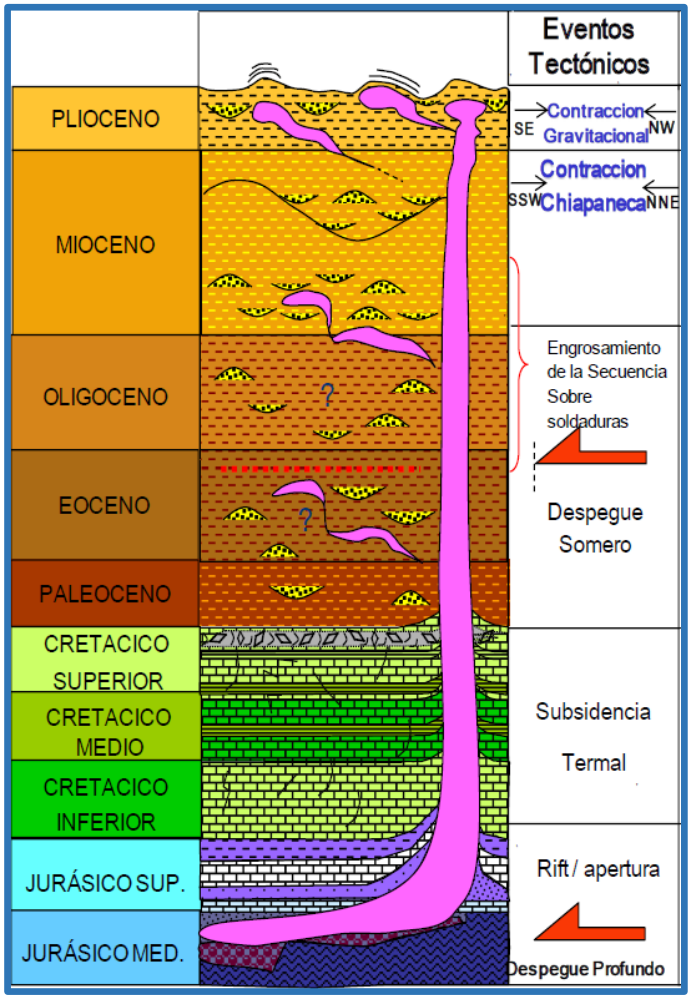


Figura IV. 26 Eventos tectónicos de las Cuencas del Sureste
Fuente: Informe del "Servicio de Relevamiento Geotécnico Hokchi" 2016

Sismicidad

Históricamente el estado se ha visto afectado por los temblores que tienen su origen por lo general en el estado de Chiapas y Oaxaca. Para fines de diseño antisísmico de instalaciones industriales, se toma como referencia el Manual de diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, el cual para su elaboración utilizó los catálogos de sismos de la República Mexicana desde inicios de siglo, donde existen registros históricos de aceleraciones del suelo de que incluyen los grandes temblores ocurridos en muchas décadas. A continuación se presenta un mapa donde se indican las Regiones Sísmicas de la República Mexicana.

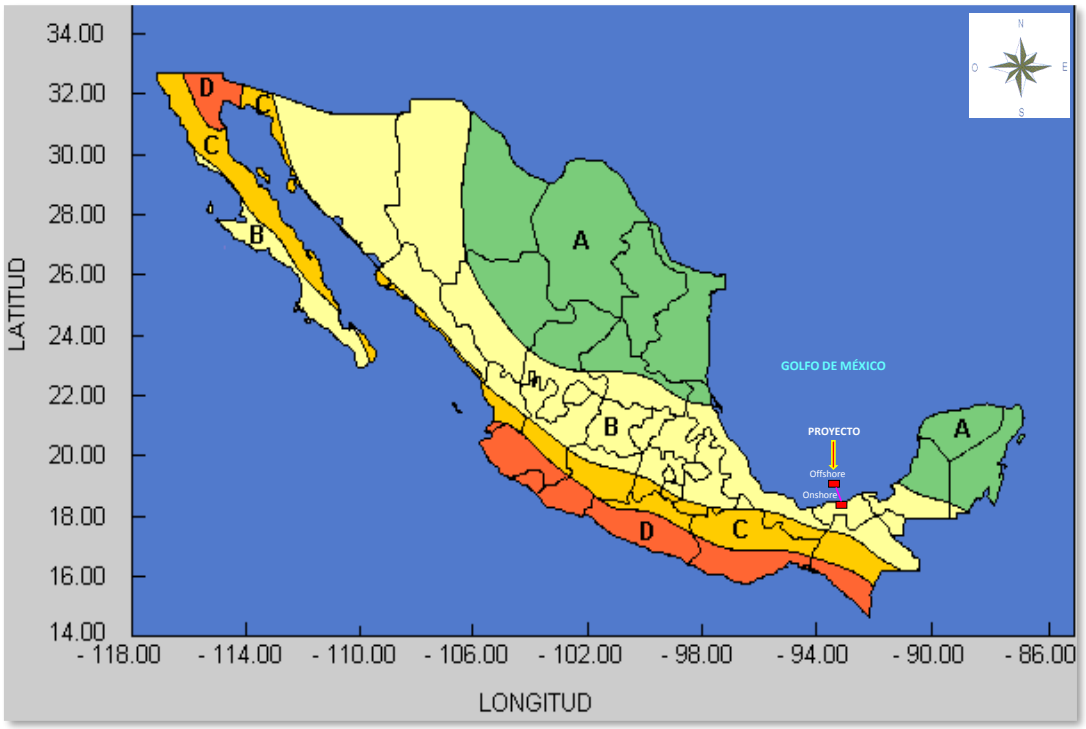


Figura IV. 27 Zonas sísmicas de la República Mexicana
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Manual de diseño de Obras Civiles por Sismo de la CFE.

De acuerdo al mapa de regiones sísmicas del Servicio Sismológico Nacional (figura IV.27), el Área donde se ubicarán las instalaciones terrestres del Proyecto y sus alrededores está clasificado de acuerdo al Manual de Diseño de Obras Civiles por Sismo de la Comisión Federal de Electricidad como **zona sísmica B**, la cual significa que es una zona intermedia en donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo. Las cuatro zonas sísmicas en que fue dividida La República Mexicana, se realizó con fines de diseño antisísmico, para el cual se utilizaron los catálogos de los grandes sismos y registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en la República Mexicana desde inicios de siglo. Dichas zonas son un reflejo de que tan frecuentes son los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo. En la zona de interés, los movimientos telúricos que se han sentido hasta ahora tienen su epicentro en los estados de Chiapas y Oaxaca.

Del Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco del Servicio Geológico Mexicano, la región que incluye el SAR, el riesgo por sismicidad es medio y alto, de acuerdo al modelo de intensidad sísmica, con rangos de nivel 7 y 8 de la escala de Mercalli. La intensidad sísmica en los municipios de Cárdenas y lado poniente de Comalcalco son de intensidad VII y en la parte sureste de Cárdenas, este de Comalcalco, Paraíso y Centla de intensidad VIII, en una distribución de norte a sur, a lo largo de una zona de falla geológica inferida y denominada “Fractura de Tehuantepec”; en la porción oeste del sistema lagunar que comprende la Laguna el Carmen y el Pajonal el peligro por sismo es bajo. Sin embargo a falta de datos en la región durante mucho tiempo ha sido tema de debate y se debe a la falta de datos ya que no existen rocas expuestas en la

superficie que muestren las características de las zonas de fallas, para lo cual solo se tiene la correlación con respecto a la imagen de campo magnético total, en donde la zona de mayor intensidad se relaciona espacialmente con los valores más altos de campo magnético (Ver Figura IV.28).

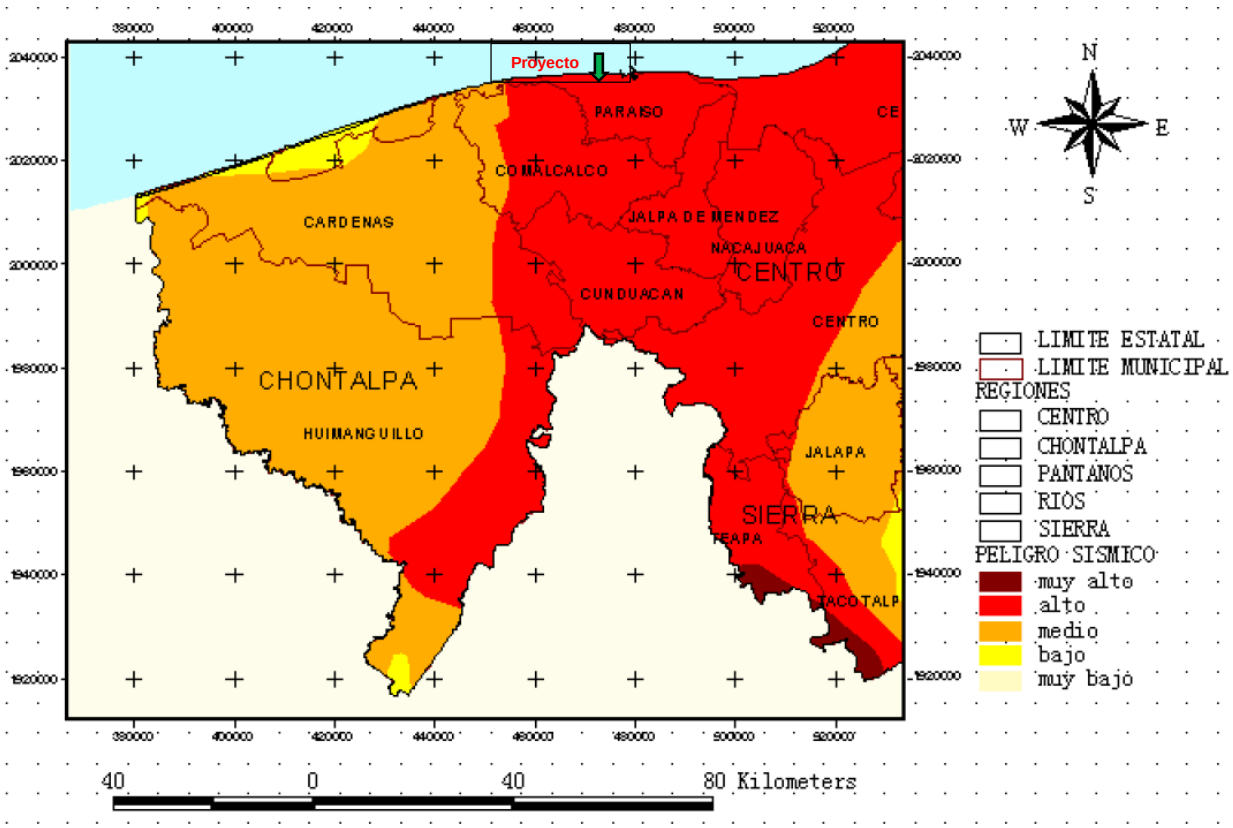


Figura IV. 28 Peligro sísmico en el SAR del Proyecto

Fuente: CENAPRED: "Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco"

Deslizamientos, Derrumbes y otros movimientos de tierra o raca.

El área de interés donde se ubicará el Proyecto, pertenece a la Provincia fisiográfica denominada "Llanura Costera del Golfo Sur" constituida por muy escasos lomeríos con pendiente suaves, por lo que no existen riesgos por derrumbes, deslizamientos u otros fenómenos similares tanto en el área y sus alrededores.

Inundaciones y Vulnerabilidad ante el cambio climático

Conforme a información de CENAPRED, los municipios que comprenden el SAR (Cárdenas Comalcalco, Paraíso y Centla) en la zona costera y que podría ser influenciados por el Proyecto en caso de eventos extraordinarios, presentan una vulnerabilidad de "media", "alta" y "muy alta" por inundaciones en las áreas cercanas al sistema lagunar desde la laguna el Carmen hasta la laguna Mecoacán, es la zona más sensible ante estos eventos.

En la siguiente figura se observa como el mar ha ganado terreno e invadido hasta los cultivos e infraestructura terrestre de otro tipo.

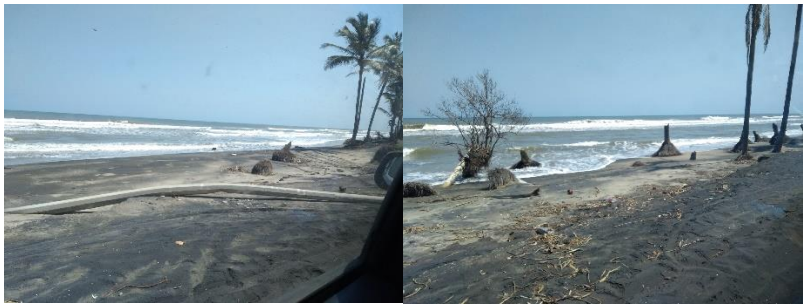


Figura IV. 29 Zonas más vulnerables, rumbo a sistema lagunar el Carmen-La Machona
Fuente IMP

En el área donde se ubicarán las instalaciones terrestres al poniente de la Terminal de Almacenamiento de Dos bocas (Ver color marrón y rojo respectivamente en la figura IV:30) presenta vulnerabilidad “alta”.

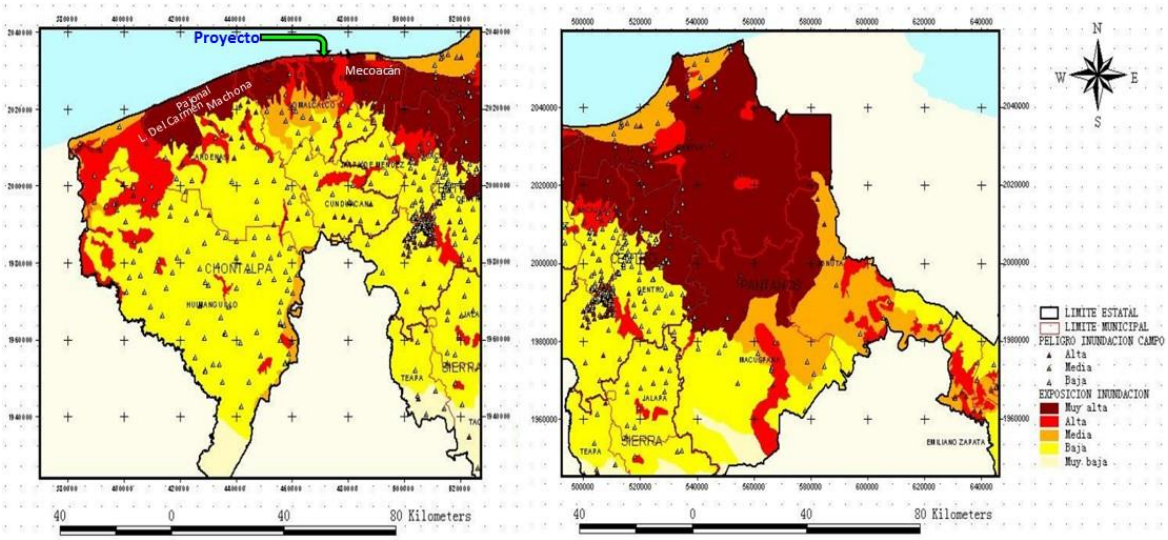


Figura IV. 30 Peligro por inundaciones
Fuente: CENAPRED, “Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco”.

No obstante, hacia el oriente de dicha Terminal de Almacenamiento, la vulnerabilidad es “media” en la zona costera del municipio de Centla (Ver figura IV.30), la misma vulnerabilidad baja se presenta de la Laguna el Carmen hacia la desembocadura del rio Tonalá.

El Índice de vulnerabilidad costera del litoral de tabasco (Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Issue 91, December 2016), indica que el incremento del nivel del mar es un evento extremo que impactará gravemente las zonas costeras bajas, como es el caso de la región costera de Tabasco.

A nivel nacional la costa tabasqueña es de los sitios más vulnerables ante tal evento, por lo que los índices aquí reportados son producto de estudios realizados por el Instituto de Investigaciones Geográficas de la Unam, donde considera que para este índice local mediante el uso de la metodología del Índice de Vulnerabilidad Costera utilizando Sistemas de Información Geográfica. Este modelo se ajustó a las condiciones locales de la costa tabasqueña sobre las variables que integran su metodología (olas, mareas, nivel del mar, pendiente costera, tasas de erosión y geomorfología) disponibles y con datos locales del grado de vulnerabilidad de la costa encontrados.

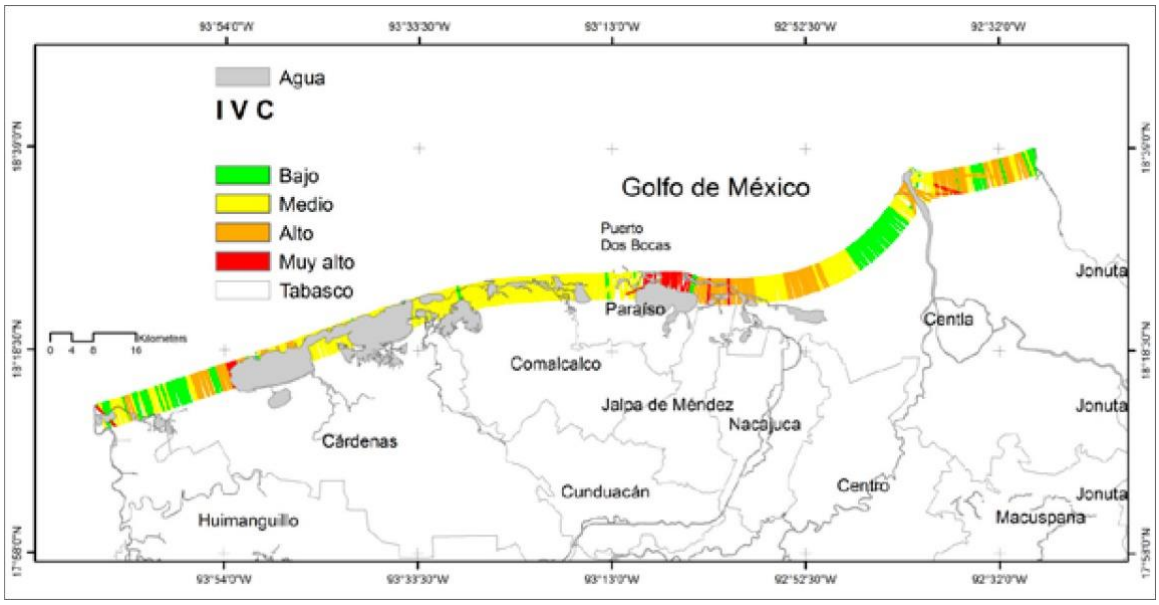


Figura IV. 31 Figura IV.31.- Índice de vulnerabilidad costera del litoral de Tabasco
Fuente: Instituto de Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Volume 2016, Issue 91, December 2016

De la misma fuente se obtuvo que los sectores con mayor vulnerabilidad se encuentran justamente frente a los sistemas lagunares costeros más importantes del estado, Carmen-Pajonal Machona y Mecoacán, este último con un mayor grado de vulnerabilidad. Como se muestra en la siguiente figura, donde se hace notar la erosión causada por el mar cercano a la Barra de Tupilco donde gran parte de la carretera ha sido afectada e inclusive los cultivos colindantes al mar.



Figura IV. 32 Erosión causada por el oleaje cercano a la Barra de Tupilco

Fuente IMP

Es importante destacar que toda la zona costera desde el río Tonalá, hasta la desembocadura del río Grijalva incluido en este SAR, se ve influenciada por las actividades antrópicas (agricultura, ganadería y actividades petroleras y poblaciones, entre otras).



Figura IV. 33 Lado norte del predio donde se ubicará la Planta Hokchi

Fuente: IMP

Específicamente el área del proyecto el índice de vulnerabilidad costera **es media**. Considerando ambos resultados de dichos estudios, las instalaciones terrestres tendrán que tomar previsiones ante un índice que va de media a alto de acuerdo a la información obtenida. Actualmente aún existe un ancho de playa de aproximadamente 35 m y un ancho con vegetación costera de aproximadamente 60 m que funciona como mitigadora de la erosión causada por el oleaje y el viento costero por el lado norte del predio, vegetación que podría ser conservada para continuar con su función natural.

Posible actividad volcánica.

En la zona terrestre, el volcán más próximo se encuentra a 120 km de las instalaciones y es conocido como Chichón o chichonal, se localiza al sureste de Ostuacán y al suroeste de Ixtacomitán en el estado de Chiapas con una altitud de 1260 msnm, se eleva sobre rocas sedimentarias del Terciario. Este volcán se encuentra formado por andesitas de augita y tobas andesíticas. Luego de manifestarse con incipientes fumarolas durante los primeros meses de 1982, el Chichón entró en actividad violenta a partir del 28 de marzo, 3 y 4 de abril del mismo año. Las columnas eruptivas se elevaron a más de 17 km, generando una gran dispersión de partículas ligeras, y las más pesadas generaron una capa de cenizas que alcanzó hasta 15 km a la redonda. Las partículas más ligeras formaron una nube espesa que llegó a permanecer en la atmósfera hasta por varias semanas.

Del Atlas de Peligros por Fenómenos naturales del estado de Tabasco, se tiene que el nivel de peligro por actividad volcánica es muy bajo en la zona en estudio (Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla) y se debe principalmente a la caída de ceniza de materiales piroclásticos si ocurre cuando se tengan vientos hacia el norte, bajo estas condiciones, la caída de material volcánico sería del orden de 4 cm de espesor (ver figura IV.34).

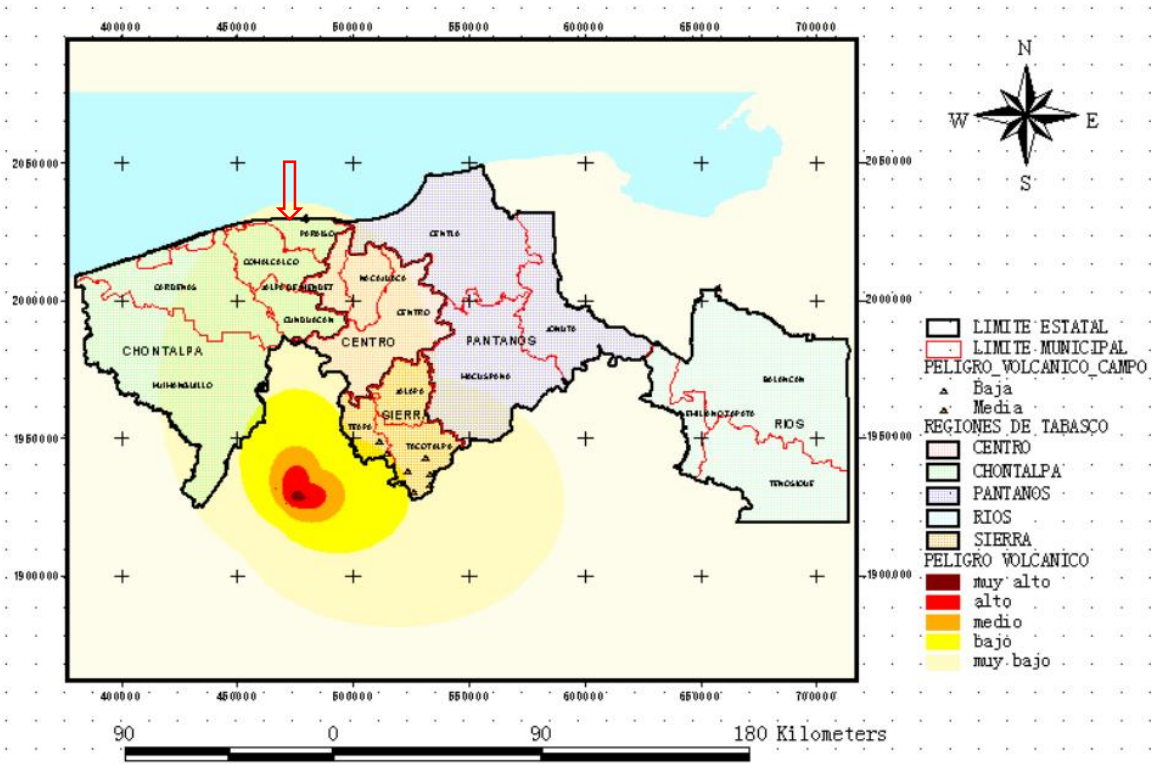


Figura IV. 34.- Peligro por actividad volcánica

Fuente: CENAPRED, "Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco".

A partir de datos históricos registrados a cerca de este volcán, el 6 de abril de ese mismo año se agregó a las explosiones un sismo de 5.8 grados en la escala de Richter que fue sentido hasta Villahermosa y Cárdenas. La nube de cenizas se extendió a los estados de

Chiapas, Campeche, Tabasco y Oaxaca, deshabilitando temporalmente los aeropuertos de la región y a su vez causaron daños a los cultivos.

Cabe aclarar que debido a las características físicas del suelo y las topoformas de pendientes muy suaves en el área donde se ubicarán las instalaciones, dicho sismo no ocasionó desplazamientos de tierra o afectaciones.

c) Suelos

Tipos de suelo en el predio del proyecto y SAR (FAO-UNESCO e INEGI)

Los suelos en el SAR de acuerdo con la clasificación de FAO-UNESCO e INEGI, desde el río Tonalá, por la zona costera junto a la línea de costa hasta la desembocadura del río Grijalva, predominan los Regosoles; los cuales son capas de material suelto con poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí, en general son claros o pobres en materia orgánica, son suelos someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad. Estos Regosoles, presentan subunidades del tipo calcárico que son ricos en cal y nutrientes para las plantas, dístrico suelos con características ácidas, ricos en nitrógeno, pero pobres en otros nutrientes importantes para las plantas como el calcio, magnesio y potasio y éutrico que son ligeramente ácidos a alcalinos y más fértiles que los suelos dístricos. Por lo general estos suelos presentan un pH ligeramente alcalino (6.5) a neutro, el Regosol de las barras presenta predominantemente agricultura de temporal con cultivos permanentes de cocoteros, pastizal cultivado y en menor extensión agricultura de temporal con cultivos anuales y su fertilidad va de moderada a alta y presenta una suceptibilidad de moderada a alta erosión. Presenta una severa limitante para su uso y manejo por su alto drenaje.

El Regosol de las playas y dunas, es de fertilidad muy baja y de muy alta suceptibilidad a la erosión debido al movimiento del oleaje marino y vientos que prevalecen sobre el litoral.

Así como en la llanura costera de inundación, desde la desembocadura del río Tonalá hasta la desembocadura del río Grijalva, los tipos de suelo están asociados con Glaysol mólico, Solonchak gléyico, y Fluvisol Gléyico, estos suelos son originados por materiales palustres y arcillosos con alto contenido de materia orgánica en descomposición de tal manera que en ocasiones presenta un olor fétido, la acumulación de estos materiales se lleva a cabo en las partes más bajas que se encuentran inundadas la mayor parte del año, excepto en la época de estiaje; así como también contienen cantidades significativas de sales solubles, lo que hace que su conductividad eléctrica esté entre 4 y 16 mmhos/cm. Estos suelos se ubican por lo general en clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano.

La condición de inundación casi permanente permite el crecimiento de vegetación acuática como popal-tular en las partes más bajas del relieve, también permite el crecimiento de pastizales cultivados e inducidos. En muchas áreas por deficiencia de drenaje o por influencia marina, se da un proceso de acumulación de sales, del mismo modo, la acumulación de materia orgánica, propicia el oscurecimiento o melanización de la capa superficial del suelo, éste proceso de formación del suelo caracteriza el horizonte A.

Los Gleysoles por lo general son suelos que se encuentran al sur en las zonas de inundación, estos presentan superficialmente una capa que se caracteriza por tener un espesor promedio de 18 centímetros, contienen materia orgánica mayor de 1% y alto contenido de nutrientes. La clase textural de los 30 cm superficiales es media y en el resto

de su espesor es fina, este tipo de suelo se localiza en pequeñas áreas muy locales de esta gran llanura de inundación, por esta razón este suelo no es dominante en estas llanuras y se encuentra asociado con Gleysol éutrico y Gleysol vértico, suelo originado de materiales aluviales y palustres. La fertilidad para el uso agrícola de estos suelos varía de moderado a alta, la limitante más severa para su uso y manejo es el nivel freático que existe dentro de los 50 cm con un bajo drenaje interno.

El mapa de Edafología de acuerdo con la clasificación de FAO-UNESCO e INEGI, se encuentra en el Anexo No. 2.

Caracterización de la zona terrestre

Como parte de la caracterización en el área del Proyecto y su área de influencia directa; así como para conocer si existe presencia de suelos contaminados asociados a la industria petrolera, se definieron y se muestrearon algunos puntos estratégicos (Ver figura IV.35) con la finalidad de verificar el estado actual del suelo principalmente en la zona de influencia directa del Proyecto donde se ubicarán las instalaciones terrestres y sus alrededores.

También se consideró el análisis ambiental a lo largo de la franja costera para definir los puntos de muestreo, así como de la fisiografía y usos de suelo, de donde se pudo observar que debido a la situación ambiental de las zonas rurales del Sureste de México sufre un acelerado y progresivo deterioro de la vegetación primaria, lo cual se traduce en la pérdida de recursos naturales, potenciales ecológicos y calidad ambiental, que son necesarios para sustentar el desarrollo de los habitantes de la entidad. Los problemas relacionados con el uso sostenible y la conservación a largo plazo de los recursos naturales renovables se tornan cada vez más complejos, debido tanto a las actividades tradicionales como agricultura, ganadería y el crecimiento desordenado de los centros de población, además de las actividades industriales principalmente la exploración y extracción del petróleo.

Teniendo un conocimiento del entorno de donde se ubicarán las instalaciones, se definieron los siguientes puntos de muestreo:



Figura IV. 35 Puntos de muestreo de suelo en el Área donde se ubicará la Planta Hokchi, estación de Medición y sus alrededores, Paraíso Tabasco.

La finalidad del muestreo y análisis es identificar la posible contaminación de suelos con hidrocarburos fracción ligera (HCfl), hidrocarburos fracción media (HCfm) e hidrocarburos fracción pesada (HCfp), así como las determinaciones de Benceno, Tolueno, Etil-benceno y Xilenos (BTEX) y Aromáticos Policíclicos o Polinucleares (HAP) en el área evaluada en muestras de suelo de acuerdo con los lineamientos de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 haciendo énfasis en la estratificación de las concentraciones de los hidrocarburos.

Otro de los posibles contaminantes a determinar fueron: el contenido Materia Orgánica Total (MOT), PCB´s, compuestos organoclorados y metales pesados de acuerdo a la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.

Para la ubicación local de los puntos de muestreo, se determinó con base en la fisiografía del terreno, la hidrología y el material del que se encuentra constituido el suelo, ya que de acuerdo al tipo de depositación geológica, la naturaleza y su composición pueden variar rápidamente en espacios pequeños tanto horizontal como verticalmente. Los suelos frecuentemente son alterados por la acción del hombre; por lo anterior, el tipo de contaminantes pueden mostrar una gran variabilidad dependiendo de las actividades que se hayan realizado sobre el mismo. Este trabajo se realizó siguiendo las especificaciones técnicas para la toma de muestras de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, NMX-AA-132-SCFI-2006 y del método ASTM D1452-80.

Para la integración y correlación de la información obtenida en campo (muestreo y descripción ambiental, entre otras) y de las determinaciones analíticas, se emplearon softwares especializados, así como una metodología analítico-deductiva para su interpretación.

El equipo utilizado en estos trabajos para la toma de las muestras fue con equipo para muestreo manual (Hand Auger y nucleador) cuyo empleo dependía de la profundidad y textura del punto de muestreo; el método consiste en tomar la muestra introduciendo el equipo en el suelo desde la superficie de manera manual y una vez alcanzada la

profundidad deseada, se saca el tubo con núcleo de material que formará la muestra; todo esto en apego a lo especificado en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, NMX-AA-132-SCFI-2006 y en el método ASTM D1452-80. Se realizó un muestreo sistemático al azar, que consistió en colectar muestras simples a profundidad variable dependiendo de las características físicas del material (suelo).



Figura IV. 36 Muestreo en los puntos indicados en la figura 35

Los localizados en la figura anterior, corresponden a las coordenadas que se indican en el siguiente cuadro:

Cuadro IV. 4 Ubicación en coordenadas UTM (Datum WGS84) del cuadrante del sitio y puntos de muestreo.

X (UTMs)	Y (UTMs)	Fecha	Hora	Punto	Observaciones
476720	2033963	27-mzo-2018	13:15	REFERENCIA	Arcilla obscura con olor a descomposición
476503	2038610	27-mzo-2018	08:55	Suelo1	Arena fina gris claro (playa) sin olor
474583	2038542	26-mzo-2018	15:40	Suelo2	Arena fina gris claro (playa) sin olor
472680	2038109	26-mzo-2018	13:00	Suelo3	Arena fina gris claro (playa) sin olor
471114	2038524	26-mzo-2018	11:38	Suelo4	Arena café claro húmeda sin olor
469276	2038487	26-mzo-2018	10:20	Suelo5	Arena café claro húmeda sin olor
476613	2037736	26-mzo-2018	17:00	Suelo6	Arena fina combinada café clara y obscura húmeda sin olor
474653	2037876	26-mzo-2018	16:30	Suelo7	Arena fina café obscuro húmeda sin olor
472817	2037736	26-mzo-2018	12:20	Suelo8	Arena café claro húmeda sin olor
471081	2037891	26-mzo-2018	11:00	Suelo9	Arena fina café claro húmeda sin olor
473876	2038723	26-mzo-2018	15:15	SueloA1	Arena fina gris claro (playa) ligeramente húmeda sin olor
473404	2037383	26-mzo-2018	14:05	SueloA2	Arena fina café obscuro húmeda sin olor
473120	2037426	26-mzo-2018	13:34	SueloA3	Arena fina café húmeda sin olor
473370	2038754	27-mzo-2018	09:40	SueloA4	Arena fina gris claro (playa) sin olor
473566	2037977	26-mzo-2018	14:45	SueloA5	Arena fina café sin olor
477137	2036376	27-mzo-2018	10:45	SueloB11	Arcilla obscura sin olor
477182	2035865	27-mzo-2018	12:10	SueloB12	Arena fina café húmeda sin olor
477017	2035846	27-mzo-2018	12:35	SueloB13	Arcilla obscura sin olor
476595	2036201	27-mzo-2018	11:40	SueloB14	Arcilla obscura sin olor
476979	2036098	27-mzo-2018	11:17	SueloB15	Arena-Arcilla

Resultados de la caracterización de suelos

Del cuadro anterior, se observa que los puntos muestreados con clave SA_2 y SA_5, corresponden al área donde se ubicará la Planta Hokchi, los cuales presentaron características físicas de color café obscuro y café claro respectivamente. El punto de muestreo identificado como SB_{15}, es el suelo donde se ubicará la estación de medición, el cual presentó características de arena arcillosa por encontrarse un poco más alejada de la línea de costa. Los demás puntos de muestreo presentaran características físicas similares (sin olor) y en cuanto a color, los puntos cercanos a la playa presentaron arena fina de color gris claro. Solo el punto de referencia presntó olor a descomposición,

Capacidad de Intercambio Catiónico.

Puede observarse en estos resultados que las muestras de suelos cercanos a la línea de costa se presentan en su mayoría como Clase de suelo Media con una capacidad de intercambio catiónico entre 5 y 10 Cmol (+) Kg^{-1} para Calcio, de 1.3 a 3.0 Cmol (+) Kg^{-1} para Magnesio y Clase muy baja para potasio con resultados menores 0.2 Cmol (+) Kg^{-1}. En tanto que los suelos con menor influencia marina incluyendo la Referencia presentan para Calcio una Clase Alta con una capacidad de intercambio catiónico superior a 10 Cmol (+) Kg^{-1}. La mayor parte de estos suelos se presentan cono Clase Media y Clase Alta para Magnesio y Clase baja para Potasio.

Materia Orgánica.

De datos de referencia y de los resultados obtenidos de todos los casos el contenido de materia orgánica es menor a 4% por lo que se considera que todos los suelos muestreados se clasifican como de clase de suelo muy baja en cuanto a materia orgánica.

Hidrocarburos en suelos.

De la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación, se presentan los siguientes resultados.

De acuerdo con los registros de concentraciones de hidrocarburos mostrados en el Cuadro IV.5, solo se observa la presencia de hidrocarburos fracción media en algunos de los puntos de muestreo de suelos cercanos a la línea de costa, así como el punto de referencia, cabe hacer notar que estos hidrocarburos observados no debieran encontrarse de manera natural, sin embargo, se presentan muy por debajo de las concentraciones límite (1200 mg/kg Base seca para suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación).

Cuadro IV. 5 Resultados del análisis de hidrocarburos en suelos.

IDENTIFICACIÓN	HIDROCARBUROS FRACCION PESADA	HIDROCARBUROS FRACCION MEDIA	HIDROCARBUROS FRACCION LIGERA	BENCENO	ETILBENCENO	TOLUENO	m+p-XILENO	o-XILENO
	mg/kg B.S.	mg/kg B.S.	mg/kg B.S.	mg/kg B.S.	mg/kg B.S.	mg/kg B.S.	mg/kg B.S.	mg/kg B.S.
SUELO 1	<266	<8.69	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO 2	<266	28.394	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO 3	<266	10.328	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO 4	<266	13.958	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO 5	<266	10.076	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO 6	<266	12.598	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO 7	<266	<8.69	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO 8	<266	26.448	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO 9	<266	16.052	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO A1	<266	30.095	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO A2	<266	16.378	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO A3	<266	10.544	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO A4	<266	<8.69	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO A5	<266	19.862	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO B11	<266	<8.69	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO B12	<266	<8.69	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO B13	<266	<8.69	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO B14	<266	<8.69	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
SUELO B15	<266	<8.69	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086
REFERENCIA PARAISO	<266	14.565	<3.22	<0.1032	<0.0967	<0.1567	<0.2133	<0.1086

Hidrocarburos aromáticos policíclicos en suelos.

Los hidrocarburos aromáticos Policíclicos (HAPs) son compuestos orgánicos derivados de la combustión de material orgánico, principalmente, contienen al menos dos anillos aromáticos; 16 de ellos son denominados “contaminantes prioritarios” por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos debido a su amplia distribución en el ambiente y por sus propiedades mutagénicas, carcinogénicas y teratogénicas (Zhang et al. 2006; Morrillo et al. 2008).
Los HAPs se clasifican según su origen en: biogénico, petrogénico y pirogénico. Los HAPs petrogénicos son derivados del petróleo, sus principales compuestos incluyen homólogos alquilados (con radicales) y no sustituidos (compuestos padre) de naftalenos, fluorenos, fenantrenos, dibenzotiofenos y crisenos (Johnsen & Karlson 2007).

De los resultados obtenidos, en ninguna muestra de suelo del área de estudio se encontraron registros de hidrocarburos aromáticos policíclicos en suelos.

Las concentraciones de HAPs en estos suelos parecen indicar una asociación con la cantidad de materia orgánica del suelo con vegetación natural (cocotero y vegetación de humedales), los valores encontrados en rangos menores de 0.01 a 0.07 mg/kg incluyendo todos los puntos muestreados tanto aquellos suelos de uso agrícola (cocoteros) como aquellos que han cambiado a uso agropecuario (ver puntos de muestreo), estos valores obtenidos, son comparativos con lo reportado por R Ortiz-Salinas, et al, 2012 (Hidrocarburos aromáticos policíclicos en suelos costeros de Tabasco).

Lo que puede decirse que, la presencia dee HAPs en suelos de uso agropecuario pueden incrementarse probablemente también por la depositación debido a la quema de material orgánico con fines agrícolas; así como a instalaciones petroleras en la franja costera.

Bifenilos Policlorados en suelos.

En concordancia con la NORMA Oficial Mexicana NOM-133-SEMARNAT-2015, Protección ambiental-Bifenilos Policlorados (BPCs)-Especificaciones de manejo, se presentan los siguientes resultados de las concentraciones registradas para veinte muestras de suelo.

Los resultados del análisis no presentaron concentraciones de estos compuestos en ninguna muestra de suelo realizado en el área de estudio.

Metales en suelos.

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio; se presentan los siguientes resultados de las concentraciones registradas para veinte muestras de suelo.

En virtud de que los metales pueden estar presentes en el suelo de manera natural y en ocasiones en concentraciones tales que pueden representar un riesgo para la salud de la población humana o de los ecosistemas, es importante establecer criterios para determinar la contaminación antropogénica en suelos y en su caso las concentraciones de remediación.

Los resultados para Arsénico, Berilio, Mercurio, Plata, Selenio y Talio no presentaron concentraciones en los suelos muestreados del área de estudio. El Cadmio en la muestra de suelo A3 presentó concentraciones por debajo del máximo permisible establecido en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 para suelos de uso agrícola/residencial /comercial.

Con base en las concentraciones de referencia presentadas en el cuadro anterior y analizando los resultados de Bario, Cromo Hexavalente, Níquel y Plomo Total (Cuadro siguiente). Puede decirse que aun cuando hay presencia de estos metales en los suelos muestreados del área de estudio, las concentraciones encontradas no sobrepasan los límites de referencia.

Sin embargo, en el caso de Vanadio, una única muestra del punto denominado Suelo A4 (15.99 mg/kg) sobrepasa el límite permisible para suelos de uso agrícola/residencial/comercial.

Cuadro IV. 6 Datos estadísticos de los metales que presentaron resultados en suelos.

	BARIO TOTAL	CROMO HEXAVALENTE	NIQUEL TOTAL	PLOMO TOTAL	VANADIO TOTAL
MAX	642.4	0.908052	125.9	28.82	**79.55**
MIN	5.174	0.265793	12.5	3.866	12.35
Media	52.13	0.40	24.78	6.92	29.51
Desviacion Estandar	176.71	0.24	30.82	6.27	16.89
No de datos	20	6	20	17	20
Maximo Permisible	**5 400**	**280**	**1600**	**400**	**78**

En general la presencia de algunas trazas de hidrocarburos encontrados en puntos específicos pegados a la línea de costa puede ser un indicativo de contaminación por

yacimientos emanaciones naturales o posibles derrames de hidrocarburos en instalaciones offshore, los cuales con el paso del tiempo y la dinámica marina tanto de oleaje, vientos y corrientes marinas han influenciado su arribo a la zona costera. Aunque hasta ahora no rebasan los valores máximos permitidos, son un indicativo de los posibles efectos acumulativos si existieran incidentes principalmente en las instalaciones marinas.

Muestreo de suelo en presas identificadas cercanas al Predio

También se llevó a cabo un muestreo de suelos por el lado noreste muy cercano al Predio donde se ubicará la Planta Hokchi, ésta área fue identificada durante los trabajos de campo donde se identificó una localización o "Pera" con sus presas respectivas que presumiblemente fueron utilizadas en el pasado para el almacenamiento o contención de recortes de perforación. Por su proximidad al polígono del predio, se tomó la decisión de llevar a cabo el muestreo de suelo en dichas presas con la finalidad de determinar la presencia de hidrocarburos en el suelo o sedimento que pudiera haber impactado al manto freático somero en los límites del predio.

En ésta área, se realizaron cuatro sondeos identificados como PA, PC, PB1 y PB2, con la finalidad de tomar igual número de muestras de la matriz suelo a un estrato para las diferentes determinaciones analíticas. Todas las muestras fueron obtenidas por signatarios y analizadas por laboratorios acreditados ante la ema y aprobadas por la PROFEPA. En las muestras de suelo se determinaron las concentraciones de hidrocarburos fracciones ligera (HCfl), media (HCfm), pesada (HCfp), hidrocarburos específicos monoaromáticos (Benceno, Tolueno, Etil-benceno y Xilenos: BTEX) y Aromáticos Policíclicos o Polinucleares (HAP) y compararlas con los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

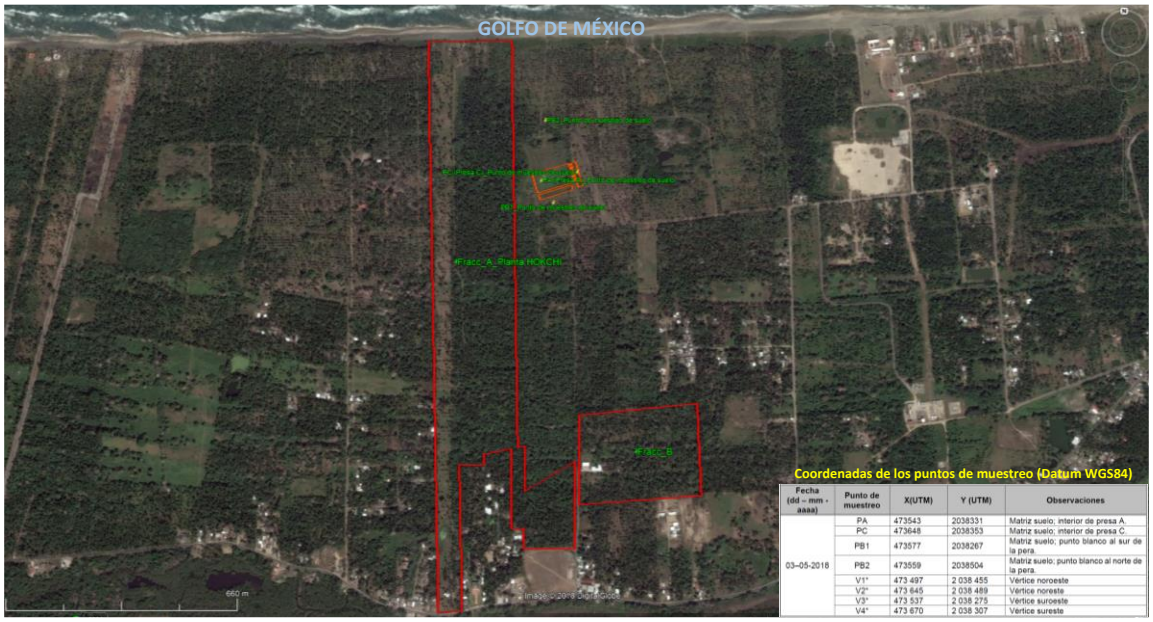


Figura IV. 37 Puntos de muestreo de suelo cercano al Área donde se ubicará la Planta Hokchi

Resultados

Se determinó que existe presencia de hidrocarburos cercano al área donde se ubicará la Planta Hokchi, ya que los resultados de las determinaciones analíticas para hidrocarburos fracción pesada y fracción media la muestra procedente de la presa A y rotulada como PA resultaron con 24,399.49 y 53,543.60 ppm respectivamente, valores que sobrepasan el límite máximo permisible para un suelo de uso agrícola-industrial (Ver figura IV.37).

El área evaluada es de aproximadamente 25 000,00 m^2 (2.5 hectáreas) y aunque se localiza fuera del predio, por su proximidad de este (aproximadamente 50 m de la presa principal y 30 m de la pera o localización), podría existir contaminación al manto freático somero.

Los resultados de ésta evaluación tiene como finalidad solo proporcionar los elementos técnicos correspondientes para que la autoridad ambiental proporcione la pauta a seguir sobre los trámites administrativos a quien corresponda.

Lo anterior se debe a que existe la posibilidad de contaminación del acuífero somero en las proximidades del Predio donde se ubicará La Planta Hokchi.

d) Hidrología superficial y subterránea

Recursos hidrológicos localizados en el área de estudio.

En general en cuanto a hidrología superficial: el Sistema Ambiental Regional (SAR), el Área de Influencia Directa (AID) y el Área del Proyecto (AP) específicamente las instalaciones marinas se ubicarán en la porción sur del Golfo de México frente a las costas del municipio de Paraíso Tabasco y las instalaciones terrestres estarán inmersas en las regiones hidrológicas conocidas como: Región Hidrológica 29 denominada “Coatzacoalcos” (RH29) y la Región Hidrológica 30 “Grijalva-Usumacinta” (RH 30).

Cabe hacer notar que las instalaciones terrestres del Proyecto se ubicarán dentro de la Cuenca **A** “Río Tonalá y Lagunas del Coatzacoalcos”; así como dentro de la subcuenca **a** “Lagunas el Carmen y Machona”, pertenecientes a la Región Hidrológica RH29.

Hidrología superficial en zona costera

La hidrología que comprende el SAR definido con anterioridad, por el lado oeste del Proyecto hacia el sistema lagunar el Carmen, el Pajonal, la Machona, la Redonda, Laguna Grande de las Flores se encuentran en una llanura formada desde el delta del río Tonalá hasta el puerto de Dos Bocas y pertenece a la Región Hidrológica 29 denominada “Coatzacoalcos”, abarcando en la zona costera todo el sistema lagunar de los municipios de Cárdenas, Comalcalco y parte del municipio de Paraíso en el estado de Tabasco.

El SAR por el lado oeste está delimitado por el río Tonalá, el cual es la corriente principal que limita los estados de Veracruz y Tabasco, éste río inicia su recorrido desde el estado de Chiapas y los principales río Zanapa, Blasillo y Chicozapote hasta su desembocadura hacia el Golfo de México.

Por el lado este a aproximadamente 4 kilómetros del predio donde se ubicará la Planta Hokchi, la Región Hidrológica a la que pertenece es la RH 30 conocida como “Grijalva-Usumacinta” y comprende desde el Puerto de Dos Bocas hasta la desembocadura del río

San Pedro a 23 kilómetros al oeste de la desembocadura del río Grijalva. En el sistema lagunar por el lado este del proyecto, se encuentran principalmente: la Laguna Mecoacán, Juliva, La Tinaja, El Eslabón, Pomposú, Pucté, Troncón, El Provecho, El Desague, El Espino, El Cerco y Laguna Santa Anita, hasta su desembocadura en la Barra de Chiltepec los cuales se encuentran dentro de los municipios de Paraíso y Centla hacia la zona costera este del SAR delimitado hasta el delta del Río Grijalva.

La topografía en la zona de estudio, es casi plana donde las pendientes que predominan oscilan alrededor del 5% con escasas depresiones donde la altitud varía de 2 a 17 metros sobre el nivel del mar. La humedad es casi homogénea en todo el sistema durante la mayor parte del año, lo cual es producto del somero manto freático que varía entre los cincuenta centímetros y los cuatro metros de profundidad.

Las lagunas El Carmen, Pajonal y La Machona están consideradas entre las más importantes lagunas albuferas de la región, estas lagunas están en el flanco noroeste del delta del río Mezcalapa y están unidas por la laguna El Pajonal (ver figura del SAR). Estas lagunas son el remanente de un cuerpo lagunar más amplio paralelo a la actual línea de costa, del que formaron parte las lagunas La Redonda y La Palma (Javier Bello et al., Eduardo Ramírez, Universidad del mar, Mayo de 2014).

Las lagunas están aisladas del Golfo de México por una barrera litoral angosta formada por antiguas líneas de playa, y por dunas activas o estabilizadas. La comunicación con el Golfo se realiza por medio de dos bocas: la primera es natural y está situada al noroeste de la laguna El Carmen por el lado del poblado Sánchez Magallanes, la cual está sometida a intensa sedimentación producto de la dinámica del Golfo de México; la segunda es artificial y se encuentra al noreste de la laguna La Machona, la cual está expuesta a la erosión marina. La barrera litoral que separa a las lagunas El Carmen, Pajonal y La Machona del Golfo de México tiene una longitud de 35 kilómetros aproximadamente con medidas entre 300 y 600 metros de ancho, con una elevación de entre uno y seis metros sobre el nivel del mar. En la porción sur-sureste con tendencia hacia el este del sistema lagunar, se tienen extensos pantanos de manglar.

Este sistema lagunar tiene comunicación con el mar del cual recibe el principal volumen de agua, el aporte de agua dulce hacia la laguna Machona depende esencialmente del río Santa Ana que vierte su caudal en la porción noreste de la laguna, mientras que la laguna El Carmen recibe los aportes de los ríos San Felipe y Naranjillo en su extremo noroeste. Estas corrientes presentan trayectorias muy cortas y transportan escurrimientos pluviales provenientes tierra adentro donde los usos de suelo actualmente están fuertemente influenciados por las actividades antropogénicas de cultivo, ganadería, actividades petroleras y asentamientos humanos entre otras.

Dentro del SAR, también se incluye el sistema lagunar de Mecoacán, esta laguna presenta un ambiente de transición entre el medio marino y el limnetico, también se caracteriza por su alta productividad biológica, las condiciones hidrológicas anuales se ven influenciadas por la variación estacional de las condiciones atmosféricas y presenta una salinidad menor al de mar abierto, lo cual señala un comportamiento estuarino provocado por los aportes continuos de agua dulce de los escurrimientos del continente a régimen intenso de lluvias. También se puede decir que el aporte de numerosos nutrientes son producto del bosque de mangle que lo rodea, así como de la vegetación secundaria del entorno de este sistema lagunar.

La batimetría del sistema lagunar se presenta en el apartado de Zona costera y sistema lagunar.

Uso del agua

La Región Hidrológica 30, Grijalva-Usumacinta, se encuentra dentro de la Región Administrativa “Frontera Sur” de la Comisión Nacional del Agua y recoge escurrimientos de los bosques tropicales de Tabasco y Chiapas, aunque su cabecera se encuentra en territorio guatemalteco. Comprende una extensión territorial de 102 465 km^2, y se ubica en una de las zonas de mayor precipitación del país, con un promedio anual de 1 903 mm. Esto resulta en un promedio de escurrimientos de 73 647 hm^3. En la planicie de los ríos Grijalva y Usumacinta se vierte al Golfo de México un volumen de agua que equivale a la tercera parte de los escurrimientos del país.

El río Grijalva se origina de numerosos arroyos y ríos que bajan de la sierra Cuchumatanes en Guatemala y toma el nombre de Grijalva a partir de la confluencia de los ríos San Gregorio y San Miguel. Atraviesa el Valle de Chiapas con el nombre de río Grijalva o río Grande de Chiapas. Sus aguas son almacenadas y su régimen regularizado en la presa Nezahualcóyotl, que fue construida aguas abajo de la confluencia del río La Venta. El Grijalva cambia la dirección de su curso del noroeste al norte hasta entrar a la planicie costera del Golfo de México, en donde se empieza llamar río Mezcalapa. Se bifurca en dos ocasiones: primero en el rompido de Samaria, donde cambia nuevamente la dirección de su curso hacia el este, y luego al dividirse forma el río Carrizal en la margen izquierda y el Viejo Mezcalapa por la margen derecha.

Más adelante recibe por su margen derecha las aportaciones del río Pichucalco y del río de la Sierra. Aguas abajo de la confluencia de estos ríos está localizada la estación hidrométrica Gaviotas II.

El río Usumacinta es una de las corrientes más importantes de México; se forma de la confluencia de los ríos La Pasión y Chixoy o Salinas, ambos procedentes de territorio guatemalteco. Afluye a él, por la margen izquierda, el río Lacantún y pasa por Boca del Cerro antes de recibir el caudal del río San Pedro. Atraviesa el estado de Tabasco y antes de llegar al Golfo de México se divide en tres brazos. El brazo occidental va a unirse con el Grijalva; el brazo central se llama San Pedro y San Pablo, y desemboca directamente en el Golfo de México; el brazo oriental, denominado Palizada, desagua en la laguna de Términos por la boca llamada Chica.

Vulnerabilidad de los cuerpos de agua superficial

En la porción norte del recorrido del río Tonalá cercano a su desembocadura, el material detrítico de toda la red de drenajes de la zona, es de tipo palustre y aluvial; la presencia de dunas, barras y esteros de la costa, se ven favorecidos por el tipo de desembocaduras de los ríos, así como las albuferas que integran estos sistemas lagunares, deben su origen a fenómenos de regresión marina y a procesos dinámicos de sedimentación fluvio-terrestre por efectos de las mareas, corrientes marinas y el oleaje. En este mismo contexto, por los usos de los cuerpos de agua desde su origen en los estados de Chiapas y todo el recorrido por el estado de tabasco; así como los usos de suelo en toda la llanura costera del SAR, hacen que existan posibles amenazas de tipo antropogénicas, los cuales se deben principalmente por:

- Contaminación por hidrocarburos debido a las actividades, tanto de exploración como de extracción de hidrocarburos en toda la región definida como SAR para este proyecto; así como del almacenamiento y transporte de los mismos a lo largo y ancho de la región costera.
- Contaminación por coliformes fecales debido a las aguas residuales municipales vertidas por la localidad de Cárdenas y otras poblaciones cuenca arriba en los cuerpos de agua.
- Alteración de las características fisicoquímicas (salinidad) de los cuerpos lagunares y sus zonas de inundación por la abertura de la boca de Panteones.
- Contaminación por nutrientes transportados por los escurrimientos de tipo agrícola
- Presión sobre algunas especies de importancia pesquera, como el ostión en las lagunas El Carmen, Pajonal y La Machona.
- Por el lado oeste del proyecto donde se ubica el sistema lagunar Mecoacán hasta la desembocadura del río Grijalva, los usos principales del agua superficial son para vías de comunicación, abastecimiento a las poblaciones y menor escala para uso industrial.

• Análisis de la calidad del agua

La calidad del agua superficial, de acuerdo a datos de calidad del agua de la Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM) del estado de Tabasco, la calidad del agua en el SAR delimitado al norte del estado, desde el río Tonalá hasta el río Grijalva es como se indica a continuación:

De la estación 52, Laguna el Carmen, a la altura de La Villa De Sanchez Magallanes, la calidad del agua es:

- Sólidos Suspendidos Totales SST 116 mg/litro, lo que indica que se encuentra en un rango aceptable de acurdo a la escala de clasificación de calidad del agua. Este parámetro que mide la cantidad de material (sólido) que se encuentra suspendido en el agua y no pueden ser disueltos.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 3 mg/litro, indica que se encuentra en excelentes condiciones de calidad. Este parámetro que mide la cantidad de materia orgánica que es degradada por procesos biológicos (biodegradable)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica que es degradada por medios químicos (no presenta valores).
- Coliformes 240,000 NMP/100 ml, lo que indica que está fuertemente contaminada. La presencia de coliformes en el agua es un indicio de que puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición.

De la estación 69, La Machona a la altura del Puente Boca de Panteones, Ejido "el Alacrán", la calidad del agua es:

- Sólidos Suspendidos Totales SST 80 mg/litro, lo que indica que se encuentra en un rango aceptable de acurdo a la escala de clasificación de calidad del agua. Este parámetro que mide la cantidad de material (sólido) que se encuentra suspendido en el agua y no pueden ser disueltos.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 5 mg/litro, indica que se encuentra de buena calidad. Este parámetro que mide la cantidad de materia orgánica que es degradada por procesos biológicos (biodegradable)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica que es degradada por medios químicos (no presenta valores).
- Coliformes 240,000 NMP/100 ml, lo que indica que está fuertemente contaminada. La presencia de coliformes en el agua es un indicio de que puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición.

De datos de la misma fuente (SERNAPAM), la calidad del agua de la Laguna de Mecoacán de reportes de 2016 de la estación 47 ubicada en el puente de el "Bellote" por la carretera de Paraíso-Chiltepec:

- Sólidos Suspendidos Totales SST 88 mg/litro, lo que indica que se encuentra en un rango aceptable de acurdo a la escala de clasificación de calidad del agua. Este parámetro que mide la cantidad de material (sólido) que se encuentra suspendido en el agua y no pueden ser disueltos.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 2 mg/litro, indica que se encuentra de buena calidad. Este parámetro que mide la cantidad de materia orgánica que es degradada por procesos biológicos (biodegradable)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica que es degradada por medios químicos (no presenta valores).
- Coliformes 24,000 NMP/100 ml, lo que indica que está fuertemente contaminada. La presencia de coliformes en el agua es un indicio de que puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición.

La calidad del agua para el río Grijalva de datos de la estación 3 es:

- Sólidos Suspendidos Totales SST 28 mg/litro, lo que indica que se encuentra en un rango de buena calidad de acurdo a la escala de clasificación de calidad del agua. Este parámetro que mide la cantidad de material (sólido) que se encuentra suspendido en el agua y no pueden ser disueltos.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 6 mg/litro, indica que se encuentra aceptable. Este parámetro que mide la cantidad de materia orgánica que es degradada por procesos biológicos (biodegradable)
- Demanda Química de Oxígeno DQO 25 mg/litro se encuentra en el rango de aceptable, éste es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica que es degradada por medios químicos (no presenta valores).
- Coliformes 54,000 NMP/100 ml, lo que indica que está fuertemente contaminada. La presencia de coliformes en el agua es un indicio de que puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición.

Hidrología subterránea

En cuanto a la hidrología subterránea, en todo el SAR delimitado por el lado suroeste, desde la desembocadura del río Tonalá hasta la Terminal Marítima Dos Bocas, incluyendo las instalaciones terrestres del proyecto se ubicarán sobre el acuífero 2702 conocida como "La Chontalpa" del cual podría suministrarse de agua para servicios para todas sus

instalaciones. Se hace el análisis de éste acuífero debido a las posibles interacciones referentes a explotación uso y aprovechamiento como agua de servicios para estas instalaciones provendrá de éste acuífero.

De la síntesis de información geográfica del estado de Tabasco del INEGI, la geohidrología muestra condiciones geológicas climáticas favorables en el área de estudio, donde el dinamismo del ciclo hidrológico es de altas precipitaciones y de alta frecuencia en todo el SAR e inclusive en todo el estado. Aunado a lo anterior, la llanura costera está conformada por material de granulometría areno-arcillosa con características de muy buena permeabilidad, lo que hace que la dinámica de dicho ciclo geohidrológico favorezca las recargas del acuífero.

De hecho, en todo el SAR correspondiente a la parte terrestre, el acuífero presenta niveles de saturación bastante someros que se reflejan con la presencia de lagos y lagunas que conforman la superficie inclusive más allá del SAR delimitado.

El acuífero 27-02 “La Chontalpa”

Es acuífero comprende el extremo noroeste del estado de tabasco, por el norte limita con el Golfo de México y al oeste con el estado de Veracruz. Este acuífero presenta una topografía plana o de pendientes muy suaves que dificulta el rápido escurrimiento de las aguas pluviales superficiales, lo que hace que exista infiltración y una recarga anua que hace posible su explotación y aprovechamiento por las poblaciones asentadas y por los usos industriales de la zona; así como para uso agrícola.

El comportamiento hidráulico de este acuífero indica que los niveles estáticos se encuentran en profundidades que varían de 5.0 a 1.0 m, registrándose los más profundos en la parte sur del acuífero, ascendiendo gradualmente hacia la línea de costa donde se hacen más someros alcanzando alrededor de metro de profundidad.

La calidad del agua del acuífero

La calidad del agua de este acuífero está contenido en materiales aluviales de poco espesor y areniscas del terciario formando espesores de hasta 1500 m, en los primeros 500 m reportan agua dulce, en tanto que a mayor profundidad la cantidad de sólidos disueltos se incrementa al igual que la salinidad hasta que en ocasiones se encuentra agua completamente salada.

Profundidad del acuífero, en estas zona se distinguen dos acuíferos: uno libre o superficial comprendido en los primeros 20 m de profundidad y un segundo de tipo semiconfinado o confinado por capas arcillosas localizados entre los 50 y 400 m de profundidad.

La dirección del flujo de agua subterránea va de sur a norte hasta llegar al Golfo de México como destino final.

En cuanto a contaminación, se dice (Comisión Nacional de Agua, DOF: 20 de abril de 2015) que en el citado acuífero existe contaminación debido a las siguientes actividades humanas:

1) Instalaciones de la industria petroleras (Petroquímica, baterías y compresoras) a lo largo y ancho de éste acuífero.

2) Descargas de aguas residuales de origen doméstico de los poblados.

3) Industrias Azucareras hacia el sur del Sistema Ambiental Regional delimitado

4) Agricultura con aplicación de agroquímicos en forma extensiva (cultivo de limón, naranja, piña, arroz, sorgo, caña de azúcar, papaya, etc.).

Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea

La Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea de acuerdo a las publicaciones vigentes en el Diario Oficial de la Federación es la siguiente:

Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos (DOF: lunes 20 de abril de 2015), mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas Frontera Sur. En dicho acuerdo se establece que el acuífero La Chontalpa (27-02) tiene una disponibilidad de 1580.863690 millones de metros cúbicos anuales para otorgar concesiones o asignaciones para mantenerlo en condiciones sustentables y no existe déficit del recurso.

Bajo estos datos disponibles, se considera que la autoridad Federal en materia de agua no tendrá objeción por otorgarle la concesión al Proyecto para su explotación, uso y aprovechamiento del agua.

El Acuífero 27-04 “Centla”

Este acuífero comprende la porción este del SAR delimitado, el cual se ubica en la porción norte del estado de tabasco con fisiografía casi plana, colinda con el Golfo de México conformada por vastas zonas susceptibles de inundación el material que constituye las zonas y las planicies de inundación así como de los acuíferos son sedimentos de edad cuaternaria, de granulometría arenosa e intercalaciones arcillosas conformados por una mezcla de gravas, arenas y arcillas de edad terciaria.

En esta parte del estado, los acuíferos son de tipo libre y semiconfinados por lentes o capas arcillosas, los cuales son explotados por pozos y norias destinados para el uso público e industrial, el cual aún cuenta con disponibilidad del recurso.

El comportamiento hidráulico de este acuífero, es similar al acuífero La Chontalpa, así como de su profundidad de sur a norte hacia la línea de costa que va de 14 m a 4 m conforme se aproxima al Golfo de México.

La dirección de flujo regional de este acuífero va de sur a norte hacia la línea de costa del Golfo de México.

La calidad del agua subterránea (Comisión Nacional de Agua, DOF: 20 de abril de 2015), va de dulce a tolerable y presenta una permeabilidad en material no consolidad media en toda la zona.

Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea

Para el caso de la Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea del acuífero Centla (2704) de acuerdo al mismo documento mencionado anteriormente, por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos (DOF: lunes 20 de abril de 2015), mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas Frontera Sur. En dicho acuerdo se establece que el

acuífero Centla (27-04) tiene una disponibilidad de 829.236336 millones de metros cúbicos anuales para otorgar concesiones o asignaciones para mantenerlo en condiciones sustentables y no existe déficit del recurso.

Sin embargo el análisis de éste acuífero, se hace para cubrir el SAR delimitado hacia la parte este de las futuras instalaciones terrestres, que por su distancia, no existe la necesidad de su explotación por parte del proyecto.

Zona costera y sistema lagunar

Fisiografía; batimetría y Corrientes marinas.

En la zona marina los vectores de velocidades de corrientes en la SAR definido para el proyecto, se presenta a manera de ejemplo el resultado de las simulaciones utilizando un modelo hidrodinámico del Instituto Mexicano del Petróleo, donde en primera instancia se muestra la batimetría en los alrededores de donde se ubicaran las instalaciones marinas dentro del campo Hokchi y posteriormente se presentan las velocidades de las corrientes marinas en el mismo SAR definido para el Proyecto.

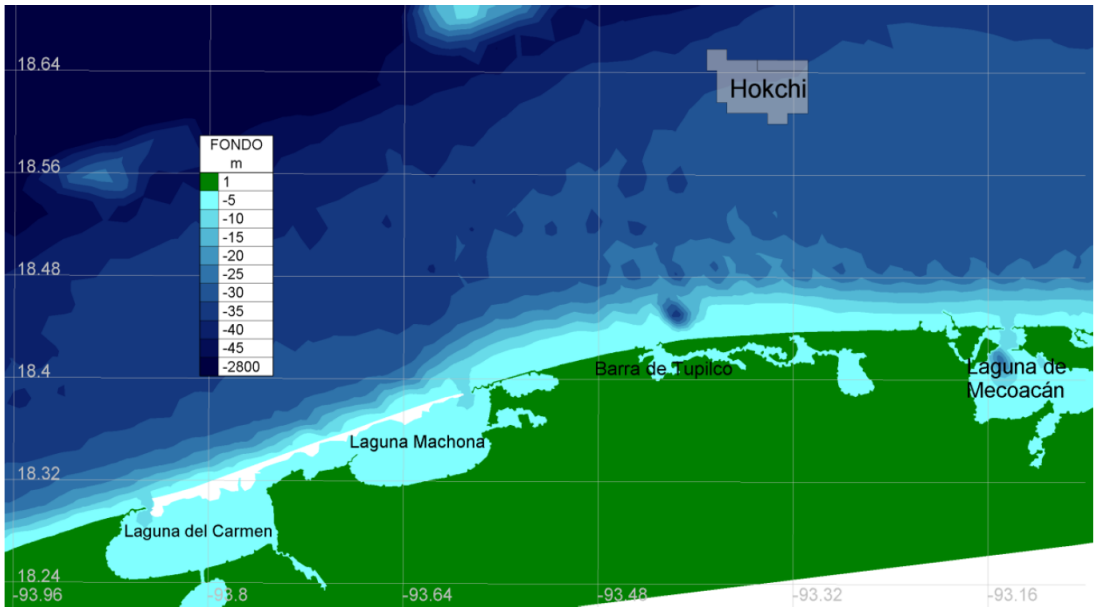


Figura IV. 38 Batimetría en el SAR definido para el proyecto.
Fuente: IMP, "Estudio de dispersión de derrames de hidrocarburos campo Hokchi"

Las Plataformas marinas que incluye el Proyecto, se instalaran dentro del campo Hokchi en el rango de entre 25 a 30 metros de profundidad, el cual se encuentra indicado en el mapa en las coordenadas aproximadas 18.64° y 93.32° aproximadamente, las coordenadas a detalle se encuentran en el capítulo II del presente estudio.

A continuación también se muestra un mapa batimétrico, donde se indica la ubicación del Proyecto.

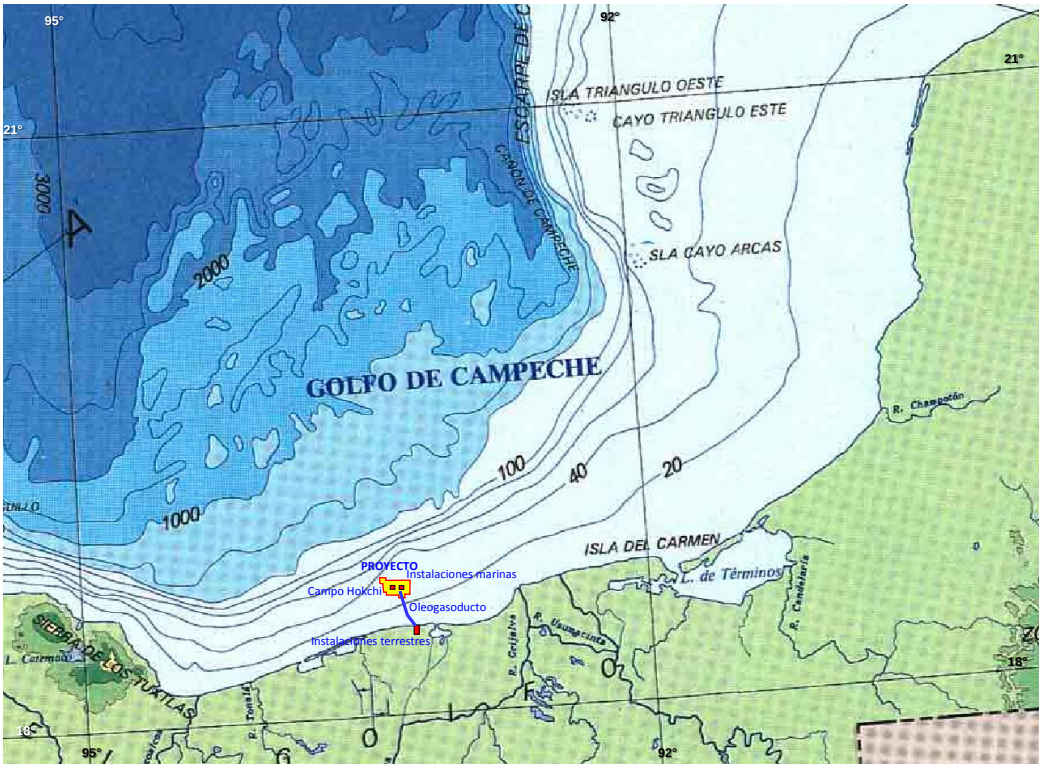


Figura IV. 39 Batimetría y ubicación del proyecto (30 m) en la parte marina.
Fuente: Mapa del Instituto de Geografía de la unam

En cuanto a las velocidades de las corrientes, en la figura IV.40 se observa que en el área donde se ubicaran las plataformas marinas e instalaciones y en todo el SAR delimitado en la zona costera hasta la Laguna el Carmen, oscilan entre 0.1 metros por segundo.

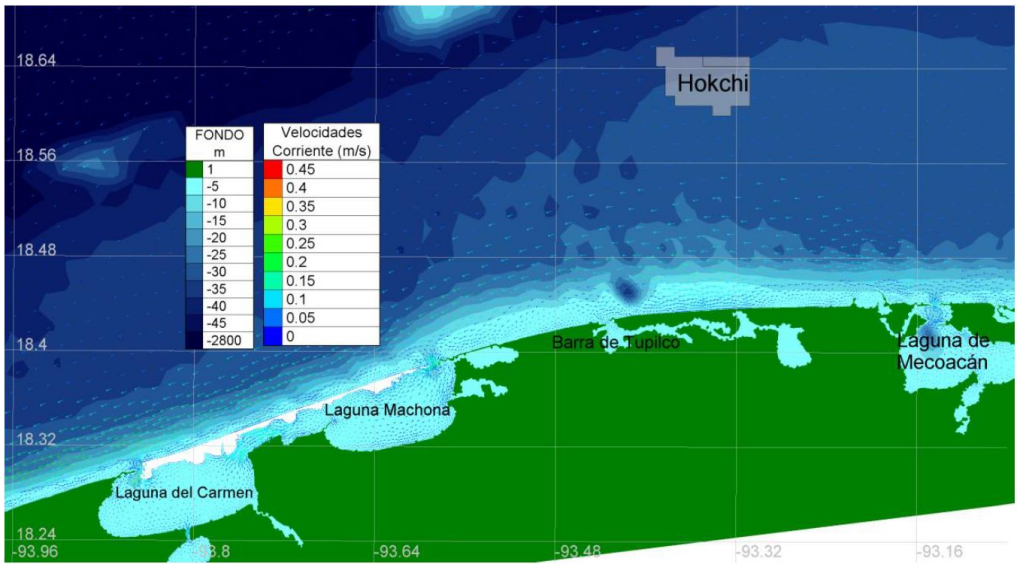


Figura IV. 40 Batimetría en el SAR definido para el proyecto.
Fuente: IMP, "Estudio de dispersión de derrames de hidrocarburos campo Hokchi"

El comportamiento hidrodinámico de la zona se caracteriza por los movimientos de las masas de agua hacia el suroeste con eventos de cambio de dirección (hacia el SE) provocados por el encuentro de corrientes oceánicas provenientes principalmente de la península de Yucatán y del norte del Golfo de México.

El oleaje tiene una altura significante promedio de 0.6 m, periodo de 6.53 s y una dirección incidente reinante de 33.82° (NE). Las marejadas se presentan en épocas de nortes provocando incrementos en el nivel del mar que generan erosión en la zona costera. La batimetría es somera con pendiente suave desde los 30 m en la zona de las plataformas hasta la zona de rompiente en la costa frente a Dos Bocas. Las corrientes marinas tienen un valor promedio de 0.25 m/s con dirección reinante de propagación hacia el SW. Las corrientes provocarían una dispersión probable de productos generados por las actividades industriales hacia el sistema Laguna el Carmen Pajonal Machona principalmente.

La circulación costera; sistema de transporte litoral, salinidad y temperatura de las masas de agua con sus variaciones estacionales es como se indica a continuación:

En el Golfo de México (Zavala Hidalgo et al., 2003) son de particular relevancia los vientos sobre la plataforma continental. La dirección de los vientos y la forma cóncava del golfo provocan que existan regiones en donde las corrientes estacionales van en el sentido de las manecillas del reloj, mientras que en otras van en la dirección contraria. Esto hace que durante el otoño e invierno (octubre-marzo) las corrientes a lo largo de las costas de Tabasco sea hacia el oeste con tendencias ligeras el noreste por el lado de la desembocadura del río Tonalá en sentido a las manecillas del reloj.

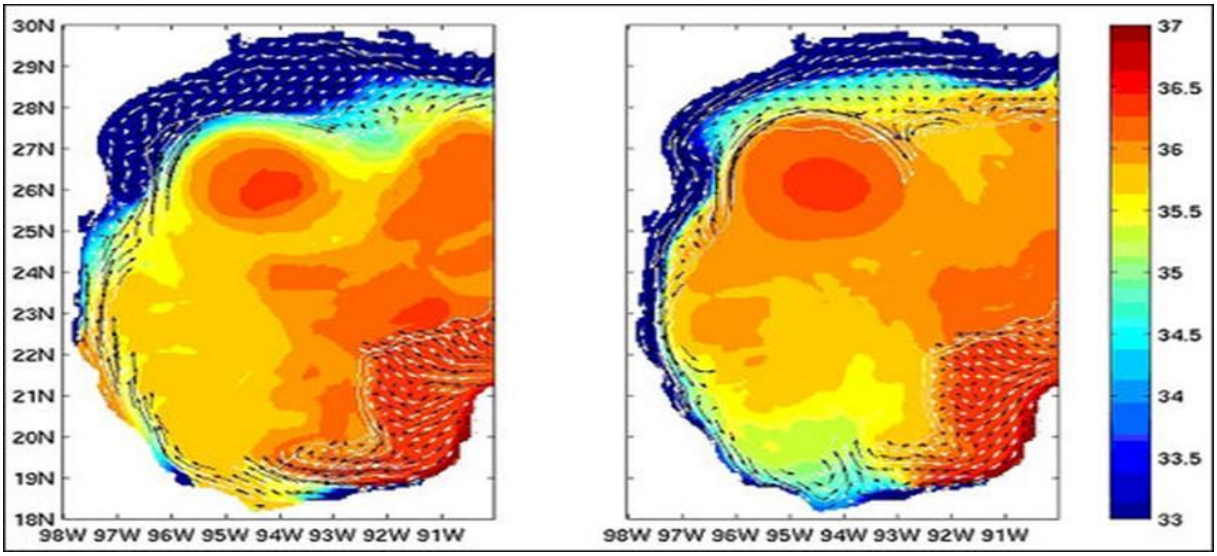


Figura IV. 41 Promedio de la circulación y salinidad superficial en el Golfo de México (abril-Julio, izquierda) y (septiembre-marzo, derecha).

Fuentes: "Caracterización y regionalización de los procesos oceanográficos de los mares mexicanos", (Zavala Hidalgo, et. al., 2003), CONABIO.

Esto provoca que las corrientes confluyan en el extremo sur del Golfo de México produciendo flujos perpendiculares a la costa, de la zona de plataforma a la zona oceánica, que son importantes porque van acompañados de altos contenidos de materia orgánica y de aguas de baja salinidad (Figura IV.41).

La salinidad en el área del proyecto con respecto al mapa anterior en el mes de abril-julio, está en el rango de 33 a 34 y para los meses de septiembre a marzo están ligeramente por arriba de este rango.

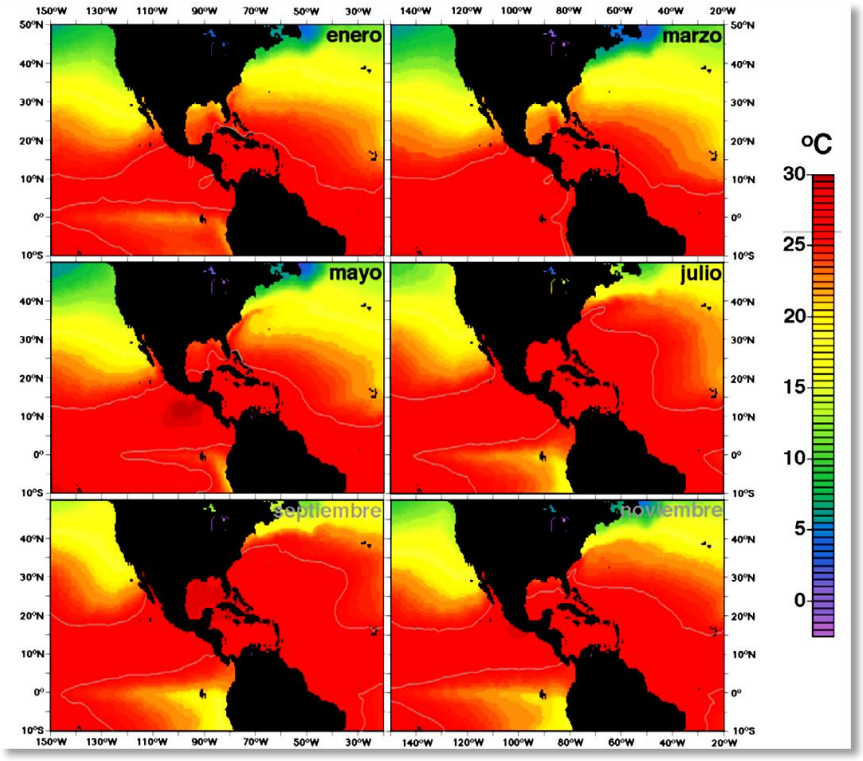


Figura IV. 42 Temperatura superficial del mar a lo largo del año (°C)
Fuente: Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México, CENAPRED, 2014

La temperatura superficial en SAR delimitado en la parte del Golfo de México, oscila entre 24 y 26 °C de acuerdo a información obtenida del Atlas climatológico de ciclones tropicales en México de Centro Nacional de Prevención de Desastres.

La circulación de masas de agua del Golfo de México está determinada por dos características semipermanentes: 1) Corriente de Lazo en la parte oriental y 2) Celda de circulación anticiclónica en la frontera occidental.

1) La corriente de Lazo se mueve del Mar caribe al Golfo de México con un volumen estimado de 29-33 Sv (1Sv= 106 m^3/s) y la Celda anticiclónica mueve hacia adentro del Golfo de México un volumen entre 8-10 Sv.

2) Existe otra corriente muy intensa denominada Corriente de Centla Oeste o Corriente Mexicana hacia el norte en la costa oeste del Golfo de México, la cual es generada por la variación de la fuerza de Coriolis con la latitud, los vientos y el flujo de masas de agua a través del canal de Yucatán. Esta corriente se genera por el desprendimiento de un giro anticiclonica de la Corriente de Lazo que se mueve hacia el oeste y se desintegra al entrar en contacto con el talud continental, generando giros ciclonicos y anticiclonicos más pequeños y que da origen a la masa de Agua común del Golfo.

La bahía de Campeche, adyacente a donde se ubicarán las instalaciones marinas de Hokchi es una zona donde se producen giros ciclónicos con diámetros aproximados de 150 km y velocidades de 30-40 cm/s generados por el rotacional ciclónico del esfuerzo del

viento, el encuentro de los giros anticiclónicos con el talud, la formación del gran giro anticiclónico y la geometría de la costa, influenciada por una corriente de intrusión que se dirige hacia el sur y la topografía del cañón de Campeche.

En la zona de plataforma continental de la península de Yucatán y el banco de Campeche, las corrientes superficiales se mueven a lo largo del año en dirección este-oeste respondiendo de manera directa a cambios en la fuerza y dirección de los vientos, siendo el componente de la fuerza del viento a lo largo de la costa el parámetro que define en mayor manera la dinámica de las corrientes marinas en el área de Hokchi.

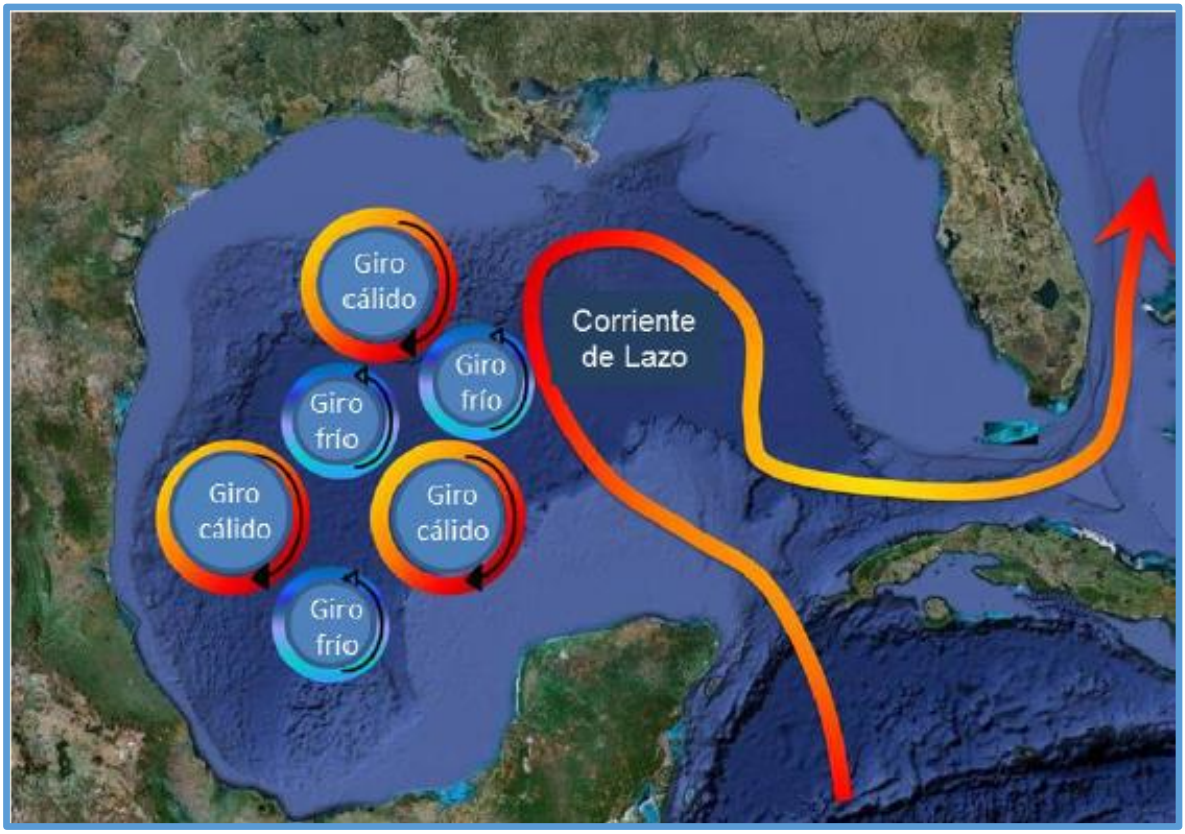


Figura IV. 43 Corriente de Lazo en el Golfo de México
Fuente: Informe del "Servicio de Relevamiento Geotécnico Hokchi" 2016

Dirección y velocidades viento y corrientes marinas

Temporada de estiaje

La dinámica de las corrientes que se representa en la siguiente figura es una rosa de corrientes para cada una de las épocas que caracterizan el año tales como: época de secas entre los meses de marzo a junio y se refiere a un periodo de donde la precipitación es escaza, época de lluvias entre julio a octubre y se refiere al periodo de mayor precipitación; y finalmente, los nortes que se presentan entre los meses de noviembre a febrero y es una época que corresponde a la llegada de frentes fríos provenientes del norte en el área donde se ubicarán las plataformas marinas e instalaciones dentro del campo Hokchi.

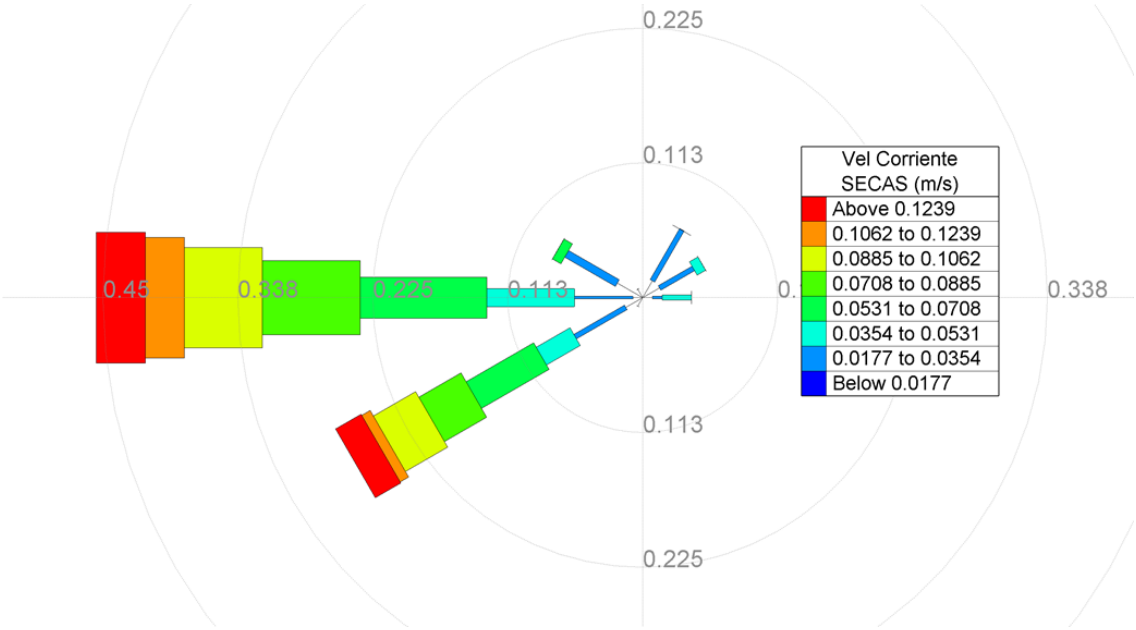


Figura IV. 44 .- Rosa de velocidades de corrientes en época de secas. Los círculos concéntricos representan la probabilidad en %.

Fuente: modelo hidrodinámico del IMP.

Es importante destacar que las rosas de vientos mostradas en este documento definen la dirección del viento hacia donde se dirige, a diferencia de la convención de los meteorólogos que es de donde proviene; Así como de la figura anterior se observa que la dirección de propagación de las corrientes reinantes son de 270 grados correspondiéndole un rumbo hacia el oeste con velocidades de corrientes medias de 0.08 m/s. Las barras de colores representan la acumulación de las probabilidades de cada uno de los rangos de velocidad.

De la siguiente figura los vientos reinantes van con dirección de propagación de 210 grados con rumbo hacia el Oeste-Suroeste (WSW) con velocidades medias de 6.5 m/s y los vientos dominantes con dirección de propagación de 180 grados con rumbo hacia el sur y velocidades máximas de 11 m/s. Los círculos concéntricos representan la probabilidad en % y las barras de colores representan la acumulación de las probabilidades de cada uno de los rangos de velocidad como se muestra en la siguiente figura.

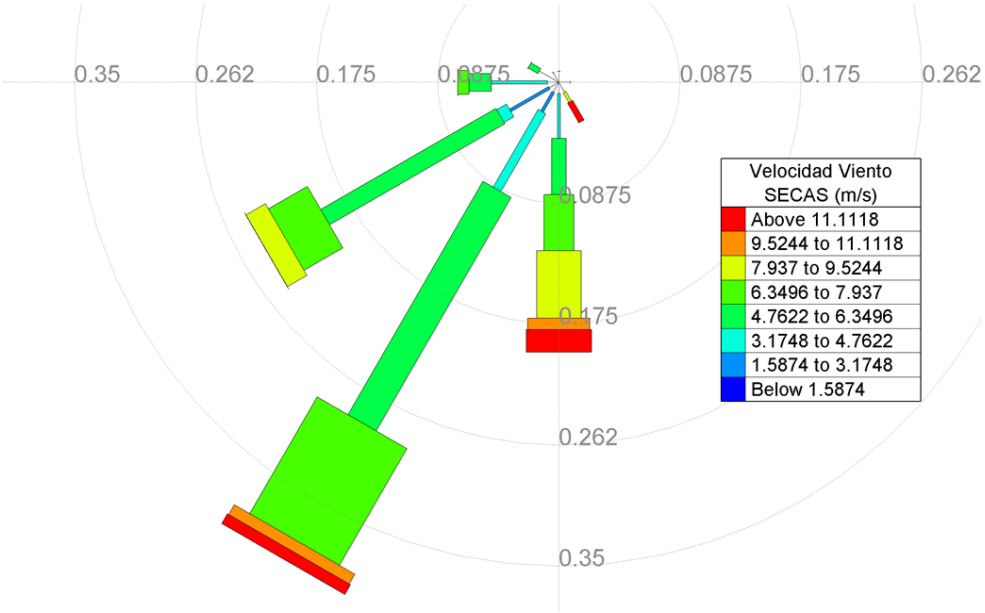


Figura IV. 45 Rosa de velocidades de viento en época de secas.
Fuente: modelo hidrodinámico del IMP.

Temporada de Lluvias

Durante el periodo de lluvias, las direcciones de propagación de las corrientes reinantes son de 240 grados con rumbo hacia Oeste-Suroeste (WSW) con velocidades de corrientes medias de 0.10 m/s. Los círculos concéntricos representan la probabilidad en % y las barras representan la acumulación de las probabilidades de cada uno de los rangos de velocidad representados en diferentes colores como se observa en la siguiente figura.

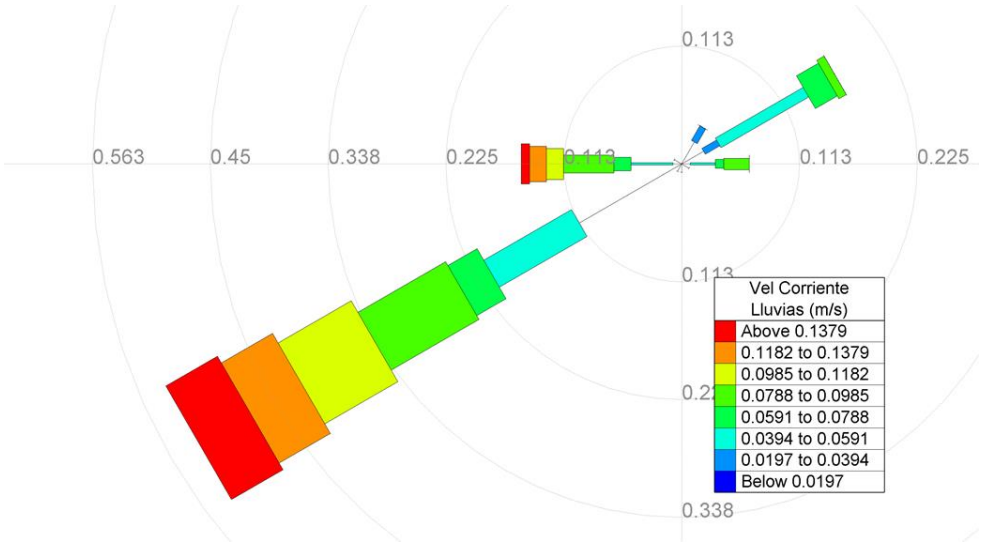


Figura IV. 46 Rosa de dirección de las velocidades de corrientes marinas en época de lluvias
Fuente: modelo hidrodinámico del IMP.

Así como la dirección de propagación de los vientos reinantes promedio de 225 grados con rumbo hacia el oeste-suroeste (WSW) con velocidades promedio de 5 m/s, presentándose también vientos dominantes de direcciones de propagación de 180 grados con rumbo hacia el Sur con velocidades máximas de 9.5 m/s como se muestra en la siguiente figura. Los círculos concéntricos representan la probabilidad en %. Las barras de colores representan la acumulación de las probabilidades de cada uno de los rangos de velocidad.

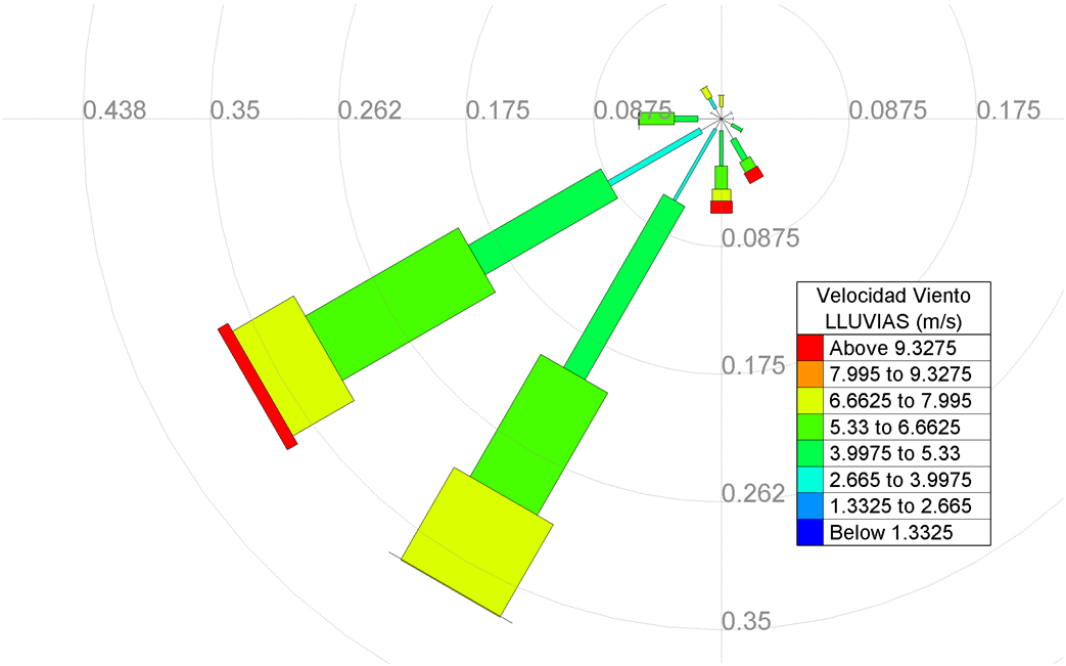


Figura IV. 47 Rosa de velocidades de viento en época de lluvias.
Fuente: modelo hidrodinámico del IMP.

Temporada de nortes

Durante la temporada de nortes, la dirección de propagación de las corrientes marinas reinantes son de 255 grados con rumbo hacia Oeste-suroeste (WSW) con velocidades de corrientes medias de 0.16 m/s. En este caso, las direcciones de corrientes reinantes y dominantes coinciden. Los círculos concéntricos representan la probabilidad en %, las barras de colores representan la acumulación de las probabilidades de cada uno de los rangos de velocidad como se muestra a continuación.

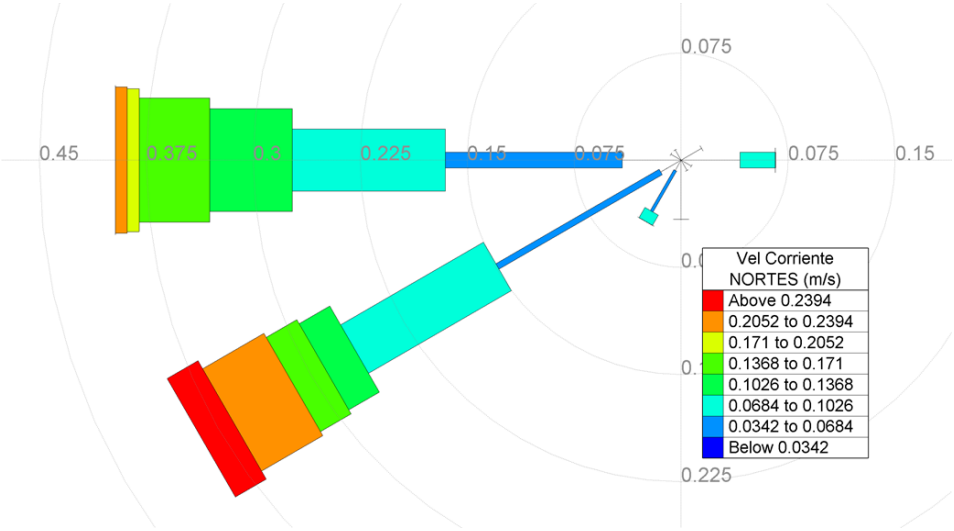


Figura IV. 48 Rosa de velocidades de corrientes en época de nortes.
Fuente: modelo hidrodinámico del IMP.

De la siguiente figura, la dirección de propagación del viento reinantes son de 210 grados con rumbo hacia Oeste-suroeste (WSW) con velocidades medias de 6.5 m/s y las velocidades máximas (dominantes) de 15 m/s van con dirección de propagación de 180 grados con rumbo hacia sur. Los círculos concéntricos representan la probabilidad en %. Las barras de colores representan la acumulación de las probabilidades de cada uno de los rangos de velocidad.

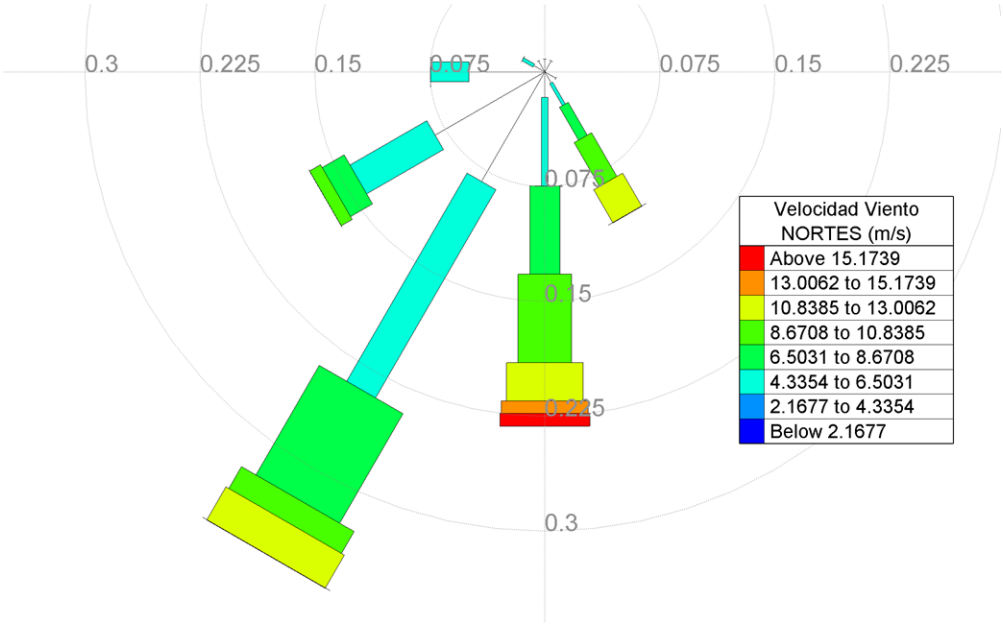


Figura IV. 49 Rosa de velocidades de viento en época de nortes.
Fuente: modelo hidrodinámico del IMP.

Evaluación del ambiente marino

Campaña oceanográfica del Proyecto

El ecosistema marino correspondiente al área del proyecto Hokchi y el área de influencia hacia la línea de costa se caracterizó mediante una campaña oceanográfica a bordo del Buque Oceanográfico Justo Sierra de la UNAM del 26 al 30 de noviembre, 2017. El derrotero se conformó de 50 estaciones con la distribución que se detalla en la Figura IV.50. El esquema de muestreo obedeció el contexto operacional del campo el cual ubicará un ducto desde su ubicación hasta la costa y sigue el siguiente patrón:

17 Puntos dentro del área en el área del proyecto y área de influencia que conformaron el estudio de LBA realizada en temporada de nortes en 2016 como puntos de referencia y control a fin de dar seguimiento en la variabilidad ambiental.

21 Estaciones en retícula de 5 km para el análisis del área de influencia del desarrollo industrial y estaciones a 1km de distancia a ambos lados de la línea del ducto proyectado preliminarmente desde el campo hasta Dos Bocas, Tabasco de acuerdo con la información proporcionada por Hokchi energy.

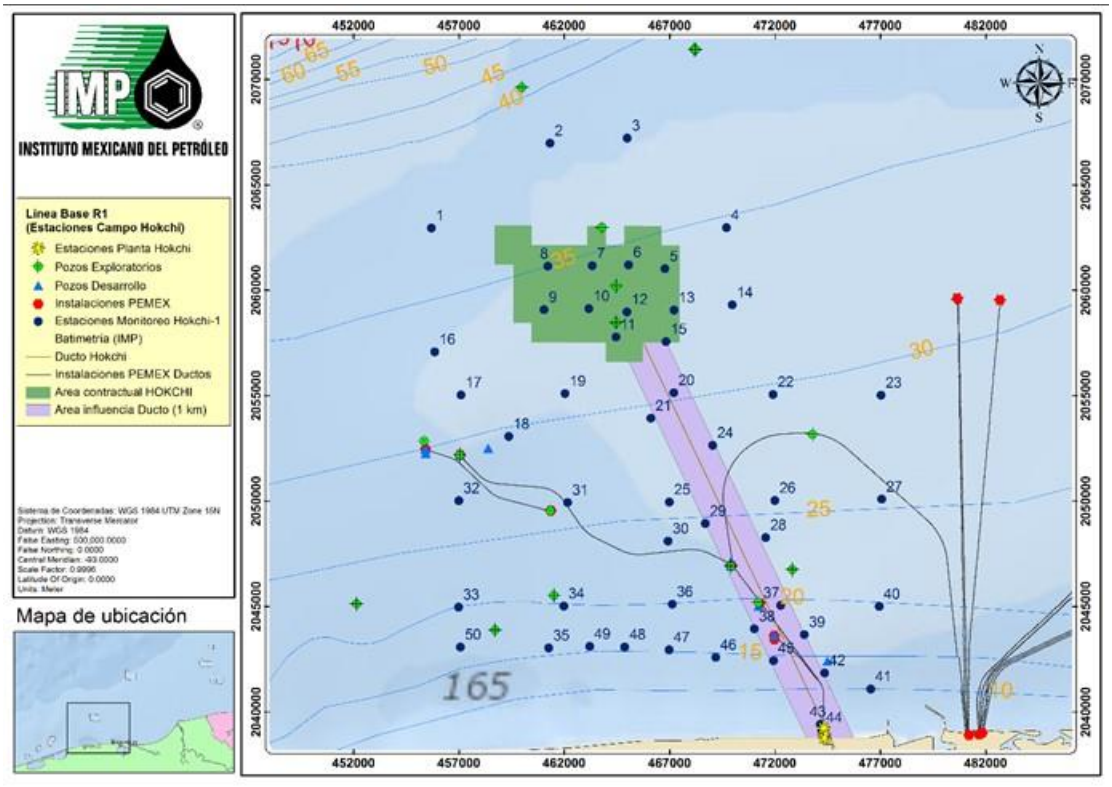


Figura IV. 50 Estaciones de muestreo de la campaña en el área del proyecto y zona de influencia

Dos estaciones costeras a distancia de 500 y 200 m mar adentro de la línea de costa para evaluación de la calidad del agua con fines de uso industrial (Figura IV.51).

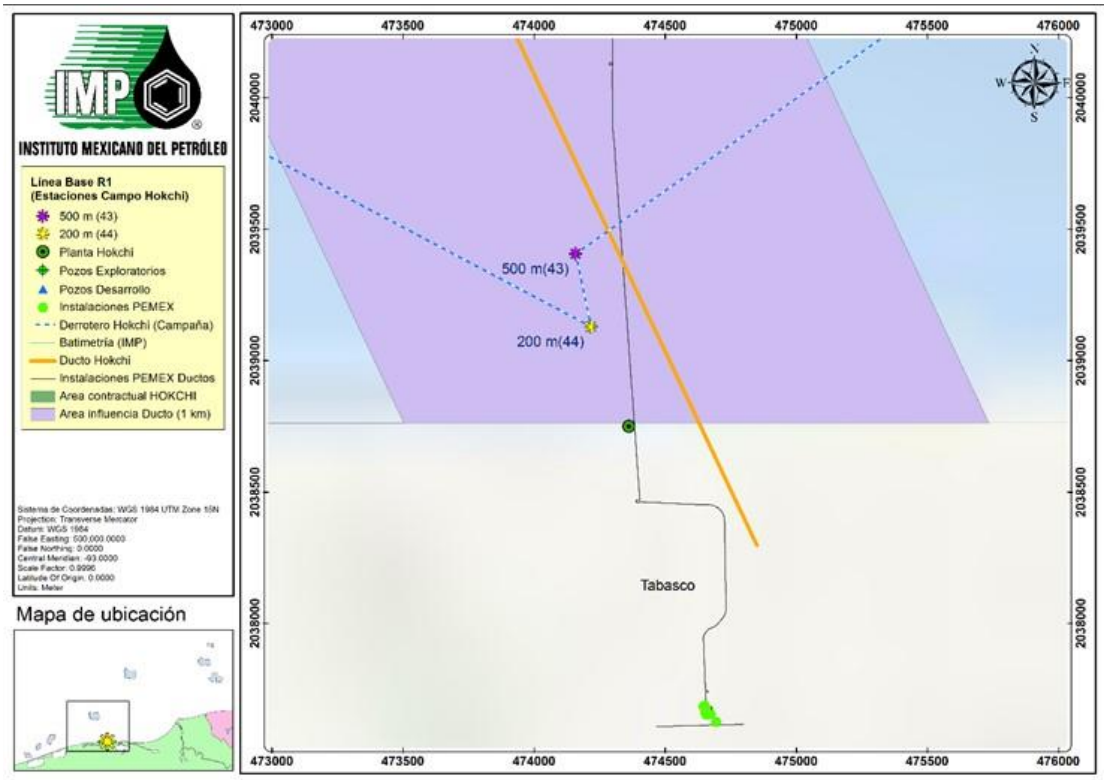


Figura IV. 51 Estaciones costeras para evaluación de la calidad del agua para su uso en proceso.

La caracterización del ambiente marino se integró con la evaluación de diferentes parámetros de calidad del agua, del sedimento y biológico considerados en la “Guía para la elaboración de la línea base ambiental previo al inicio de las actividades marinas de exploración y extracción de hidrocarburos” emitida por la ASEA como se resume en el Cuadro IV.7. En la columna de agua se ubicaron dos niveles: 1) 0-5 m y 2) mayor de 5 m de profundidad y hasta 2 m del fondo. Los sedimentos se colectaron dentro de los primeros 20 cm del lecho.

Cuadro IV. 7 Alcance del estudio de caracterización

TEMA	Compartimento del ambiente marino	Elemento de estudio	Esfuerzo en el área de estudio
Clima y meteorología	Atmósfera	Temperatura media, precipitación media, humedad relativa, evaporación media, nubosidad promedio, eventos meteorológicos extremos, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica	17 estaciones réplica del ELBA del Bloque Hokchi, 14 estaciones alrededor del ducto proyectado, 20 estaciones en retícula entre el bloque y la línea de costa y 2 estaciones de bocatoma.
Hidrodinámica y batimetría	Columna de agua	Velocidad y dirección de corrientes en función de la profundidad Patrón de dispersión de partículas suspendidas Oleaje Batimetría	Mediciones de velocidad y dirección de corrientes durante el derrotero de la campaña oceanográfica. Oleaje y profundidad total en 50 estaciones
Calidad del aire	Atmósfera	Temperatura, Ozono, NO, NO_2, SO_2, PM_{10}	Estaciones meteorológicas en Paraíso
Calidad del Agua	Columna de agua	a) Salinidad, Temperatura, Oxígeno disuelto, fluorescencia b) Sólidos suspendidos totales, nutrientes (NH_4, NO_2, NO_3, PO_4, SiO_4) c) Hidrocarburos (HTP, HAP, BTEX) d) Metales (Fe, Zn, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni, V, Sn, Ba)	a) Perfiles completos de columna de agua en 48 estaciones. b, c, d) 50 estaciones a dos niveles de profundidad: superficie, y fondo
Calidad del sedimento	Sedimento	a) Potencial Redox, características aparentes, tipo de sedimento b)Granulometría y Textura sedimentaria c) Materia Orgánica, Carbono orgánico total d) Hidrocarburos: HTP. HAP e) Metales: Fe, Zn, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni, V, Ag, Ba, Mn, Mo, Se, Sn) f) Características del perfil sedimentario por análisis de imágenes SPI	48 estaciones: 17 estaciones réplica del ELBA del Bloque Hokchi, 14 estaciones alrededor del ducto proyectado, 20 estaciones en retícula entre el bloque y la línea de costa
Biota	a) Biomasa fitoplanctónica y clorofilas. b) Biomasa del zooplancton.	a, b) Abundancia c) Unidades formadoras de colonias, abundancia d) Abundancia, riqueza y diversidad	a,b,c) 48 estaciones a dos niveles: superficial y fondo. d) sedimento superficial

TEMA	Compartimento del ambiente marino	Elemento de estudio	Esfuerzo en el área de estudio
	c) Bacterias hidrocarbonoclástas y heterótrofas. d) Infauna bentónica		

Fuentes de influencia preexistentes

Las instalaciones marinas petroleras relevantes que pueden considerarse fuente de contaminación por operaciones previas hacia el área de Hokchi y su ambiente circundante, son la ubicación de diferentes plataformas costa afuera y la Terminal Marina de Dos Bocas, así como la red de ductos de 36 pulgadas de diámetro que transportan agua de producción y petróleo crudo.

En Dos Bocas, el agua de producción se separa del crudo, se trata y luego se regresa por ductos submarinos al océano o se reinyecta en un acuífero aislado en la instalación. El crudo se almacena temporalmente en tanques y se puede mezclar con crudo Maya o con el crudo Olmeca súper ligero que se produce tierra adentro. Luego el crudo se carga a los barcos desde las boyas costa afuera de Dos Bocas o se envía por ductos a la costa occidental, donde es transportado por barco a otras locaciones de México (IMP, 2002).

En el sureste mexicano, las aguas de producción reciben tratamiento en la instalación de Dos Bocas, para posteriormente ser descargadas al mar por medio de dos emisores submarinos. Estas prácticas del pasado podrían causar problemas potenciales en el medio ambiente, como se ha observado en otras partes en el Golfo de México y el Mar del Norte (EPA 1996, Gerard et al. 1999). Las aguas de producción contienen Hidrocarburos alifáticos y poliaromáticos PAHs, compuestos orgánicos volátiles COVs y una variedad de metales pesados, entre ellos Ni, V, Ba, Fe, Mn, Zn y Pb.

En todas las etapas del ciclo de vida del petróleo costa afuera, durante la exploración, producción y proceso, pueden ocurrir descargas accidentales de crudo y agua de producción. Los derrames de crudo y aguas congénitas liberan PAHs, sales y metales pesados al ambiente. En el mar, una parte de los hidrocarburos se separa y disuelve en el agua marina, mientras que las fracciones más pesadas y menos solubles permanecen en la superficie debido a su gravedad específica más baja. El agua marina disuelve las sales y los metales pesados. La combustión de gas y crudo (en las fosas de condensados y por los derrames quemados) libera grandes cantidades de PAHs contenidos en el crudo, en tanto que la combustión incompleta genera PAHs de peso molecular más alto que los que se encuentran normalmente en los crudos. Este tipo de PAHs de alto peso molecular poseen alto potencial cancerígeno, en tanto que los PAHs que predominan en los crudos y aguas de producción tienen menor potencial. La liberación de estos químicos al ambiente puede dañar los ecosistemas terrestres y acuáticos así como a los seres humanos.

El Cuadro IV.8. Se resume los contaminantes potenciales que representan riesgo por actividad industrial. La descripción del estado del ecosistema mediante el seguimiento de estos contaminantes permitirá definir la presencia y magnitud de los impactos potenciales.

Cuadro IV. 8 Contaminantes asociados a fuentes operacionales de petróleo y gas costa afuera

Operaciones	Contaminantes de riesgo potencial					
Quemadores	SOx	NOx	CO	VOC	H_2S	PAH
Lodos y sólidos	Cr	Ba	salinidad	TPH	VOC	PAH
Agua congénita	Cr	V	salinidad	TPH	VOC	PAH
Derrames	Cr	V	salinidad	TPH	VOC	PAH
Residuos peligrosos	Pb	VOC	PAH	TPH	Solventes	PCB
Escapes Diesel/gas	SOx	NOx	CO	VOC		
Aguas residuales	Bacterias	PO4				

SOx- Óxidos de azufre, NOX- Óxidos de nitrógeno, CO- monóxido de carbono, VOC-compuestos orgánicos volátiles, H2S-Sulfuro de hidrógeno, PAH-hidrocarburos poliaromáticos, TPH-Hidrocarburos totales del petróleo, PCB-Bifenilos policlorados, PO4-Fosfatos

Caracterización de la calidad del agua (Marino y terrestre)

Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

Los hidrocarburos totales de petróleo no fueron detectados en las muestras de agua colectadas en el Campo Hokchi. El método analítico empleado fue EPA 1664A-1999 con límite de detección 5.0 mg/l para la fracción pesada y el EPA8015B-2007 con límite de detección de 0.03 mg/l para la fracción ligera. Los resultados son consistentes con lo observado en el estudio de Línea Base Ambiental Regional de Campos de Aguas Someras de la Ronda 1.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP)

No se identificaron HAP en las muestras de agua en el Campo Hokchi el método analítico empleado fue EPA8310 1986, con límites de detección distintos dependiendo del compuesto a analizar (Cuadro IV.9). Los HAP no fueron detectados en estudios realizados en el Golfo de México por el Instituto Mexicano del Petróleo (Línea Base Ambiental Regional de Campos de Aguas Someras de la Ronda 1).

Cuadro IV. 9 Métodos analíticos empleados para determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos y monoaromáticos en columna de agua

Compuesto	Método	Límite de detección	unidades
Acenafteno	US EPA 8310 1986	7.70E-06	mg/L
Acenaftileno	US EPA 8310 1986	0.00000738	mg/L
Antraceno	US EPA 8310 1986	0.00000344	mg/L
Benzo (a) antraceno	US EPA 8310 1986	0.00000113	mg/L
Benzo (a) pireno	US EPA 8310 1986	0.00000579	mg/L
Benzo (b) fluoranteno	US EPA 8310 1986	0.00000594	mg/L
Benzo (g,h,i) perileno	US EPA 8310 1986	0.00000515	mg/L
Benzo (k) fluoranteno	US EPA 8310 1986	0.00000462	mg/L
Criseno	US EPA 8310 1986	0.00000104	mg/L
Dibenzo (a,h) antraceno	US EPA 8310 1986	0.00000378	mg/L
Fenantreno	US EPA 8310 1986	0.0000145	mg/L
Fluoranteno	US EPA 8310 1986	0.00000462	mg/L
Fluoreno	US EPA 8310 1986	0.0000103	mg/L
Indeno (1,2,3,c-d) pireno	US EPA 8310 1986	0.0000104	mg/L
Naftaleno	US EPA 8310 1986	0.00000864	mg/L
Pireno	US EPA 8310 1986	0.00000671	mg/L
Benceno	US EPA 8260C 2006	0.12	ug/L
Etilbenceno	US EPA 8260C 2006	0.14	ug/L
M+p-xileno	US EPA 8260C 2006	0.22	ug/L
O-xileno	US EPA 8260C 2006	0.21	ug/L
Tolueno	US EPA 8260C 2006	0.12	ug/L

Biomarcadores del petróleo (BMK)

No se identificaron compuestos biomarcadores de petróleo en las muestras de agua en el Campo Hokchi. En el estudio de Línea Base Ambiental Regional realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo en Campos de Aguas Someras de la Ronda 1 tampoco se encontraron biomarcadores en agua; en estudios llevados a cabo en otras partes del Golfo (Monitoreo Ambiental del Golfo de México, Campaña Oceanográfica Ueyatl 1) se logró identificar biomarcadores (en concentraciones de ng/L) en un solo punto de muestreo localizado cerca de la plataforma de Yucatán. Los biomarcadores más abundantes fueron los hopanos, sin embargo no fue posible identificar el origen de estos compuestos debido a la información limitada.

Hidrocarburos monoaromáticos BTEX

Los compuestos monoaromáticos benceno, etilbenceno, xilenos y tolueno (BTEX) no se detectaron en las muestras de agua en el Campo Hokchi. Los reportes de estudios previos tampoco indican la presencia cuantificable de BTEX, lo que se atribuye en parte a su rápida evaporación de la superficie del agua, por lo que generalmente no representan riesgo ambiental. Los BTEX son abundantes en las descargas de las operaciones petroleras, por lo que sus concentraciones pueden alcanzar valores importantes en estos sitios y representar riesgo tóxico para los organismos que habitan en sus cercanías.

Metales

Las concentraciones de metales en columna de agua del polígono de estudio fueron bajas, detectables sólo para aluminio, hierro y mercurio, mientras que el níquel, cromo, estaño y zinc sólo se detectaron en 2 sitios. Adicionalmente, la mayoría de las concentraciones de estos metales se encontraron por debajo de los límites que determinan efectos ambientales crónicos o agudos de acuerdo a los criterios de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EU (NOAA) y publicados por Buchman (2008). El aluminio mostró un intervalo de concentración de 0.02-0.12 mg/L en la superficie y un poco más amplio en el fondo de la columna de agua, donde registró un intervalo de 0.01-0.17 mg/L. En campañas anteriores el aluminio fue detectado en concentraciones similares, por lo que puede inferir que es un elemento con poca variabilidad en el área. De manera natural, las concentraciones de aluminio son bajas en el ambiente marino y sólo se incrementan por las descargas sin tratamiento de la industria minera. El límite de detección del método analítico fue 0.0006 mg/L.

El hierro presentó en la superficie del agua una concentración mínima de 0.013 mg/L, promedio de 0.043 mg/L y máxima de 0.356 mg/L. El valor máximo se registró en el sitio 1, en el extremo noroeste del área de Réplica de Influencia. Dicha concentración es mayor a la concentración que provoca efectos agudos (0.300 mg/L); sin embargo el percentil 75 de las concentraciones de Fe en agua superficial es considerablemente menor (0.041), por lo que podría tratarse de un evento aislado. En estudios anteriores se ha encontrado una mayor concentración de este metal, incluso superiores al valor máximo para evitar daños ambientales, lo cual implicaría un riesgo ambiental.

El mercurio fue encontrado en 18 sitios en superficie con concentración mínima de 3.0E-05 mg/L, promedio de 1.0E-04 y máxima de 1.33E-04 mg/L. A excepción del sitio 6 ubicado en el área de Réplica de Campo, todos los valores fueron inferiores al límite establecido para evitar daños crónicos (9.4E-04 mg/L). En el fondo de la columna de agua se detectó un menor número de sitios con valores superiores al límite de detección del método analítico (LDM) 2.7E-05 mg/L, con todos los valores menores a 2.99E-04 mg/L.

Los niveles de níquel fueron bajos, sólo en dos sitios pudieron detectarse en concentraciones mayores al LDM (0.00015 mg/L). El níquel se reporta en concentraciones bajas (varias veces por debajo del LDM) y con alta incertidumbre en la mayoría de los estudios anteriores, sin embargo los resultados de este estudio aún son más bajos.

Resultados similares fueron encontrados para el cromo, ya que solamente se identificó en dos sitios de las muestras de superficie (LDM = 0.00031 mg/L), uno de ellos en coincidencia con el níquel. El cromo es un elemento que se encuentra en concentraciones bajas, particularmente en el sur del Golfo de México se reportan niveles menores al LDM en la mayoría de los casos.

El estaño se detectó en dos sitios del fondo de la columna de agua (LDM = 0.00024 mg/L). Son pocos los estudios que han incluido al estaño, y cuando se ha incluido no se ha detectado en concentraciones mayores al límite de detección del método empleado.

El zinc, con LDM = 0.0003 mg/L, fue identificado en dos sitios de la superficie y uno del fondo, siendo éste el de mayor concentración (0.011 mg/L) y que correspondió al área del Ducto. Sin embargo, aun la concentración máxima no representa riesgo ambiental de acuerdo a los criterios establecidos para evitar daños crónicos (0.081 mg/L). De acuerdo a estudios previos, el zinc generalmente se encuentra en concentraciones mayores en aguas profundas y ultraprofundas del Golfo de México.

Los valores encontrados de cada elemento se encuentran en el Cuadro IV.10, en la que también se incluyen los límites para evitar daño crónico o agudo.

En resumen, las concentraciones de metales en agua fueron bajas, inferiores en todos los casos al LDM para el arsénico, bario, cadmio, cobalto, cobre, plomo y vanadio. Para el cromo, níquel, estaño y zinc se encontraron solamente dos muestras con concentraciones detectables en sitios distintos del campo Hokchi. El aluminio presentó concentraciones menores a las que representan efectos ambientales crónicos o agudos, mientras que el hierro presentó algunas concentraciones (8 en total) superiores al efecto crónico (0.05 mg/L) y una superior al efecto agudo (0.30 mg/L). Se sugiere vigilar la variación del hierro para verificar si el pico de concentración observado es un evento aislado o representa una tendencia en las concentraciones.

Cuadro IV. 10 Concentración de metales en superficie y fondo de columna de agua (mg/L) en Hokchi.

		Al		Cr tot	Fe		Hg		Ni	Sn	Zn	
Área	sitio	sup	fdo	sup	sup	fdo	sup	fdo	sup	fdo	sup	fdo
Réplica de Campo 2016/2017	5	0.04	0.02		0.031	0.016	0.0001					
	6	0.04	0.02		0.028	0.010	0.0013					
	7	0.04	0.02		0.025	0.014						
	8	0.04	0.02		0.029	0.016	0.0001	0.0001				
	9	0.04	0.02		0.028	0.014						
	10	0.07	0.04		0.151	0.024	0.0001				0.005	
	12	0.05	0.06		0.027	0.029						
	13	0.06	0.08		0.029	0.036						
Réplica de influencia 2016/2017	1				0.356	0.017	0.0001					
	2	0.02			0.024	0.009						
	3	0.02	0.01		0.013	0.006	0.00004					
	4	0.04	0.04			0.034	0.00005					
	14	0.07	0.05		0.033	0.035	0.00003					
	16	0.04	0.04		0.023	0.024		0.00028				
	18	0.07	0.05		0.0420	0.032						
	30	0.06	0.04		0.026	0.022						
	35	0.07	0.05		0.041	0.034						
Estaciones de Retícula 2017	17	0.05	0.06		0.024	0.039						
	19	0.09	0.06		0.043	0.025	0.00004					
	22	0.06	0.05		0.028	0.027	0.00004					
	23	0.07	0.06		0.031	0.053	0.00007					
	25	0.08	0.07		0.037	0.034	0.00021					
	26	0.06	0.04		0.042	0.031		0.00030				
	27	0.05	0.05	0.0133	0.078	0.045		0.00005	0.0052			
	31	0.05	0.05		0.045	0.033	0.00005	0.00003				
	32	0.05	0.03		0.030	0.019				0.0105	0.005	
	33	0.06	0.05		0.033	0.028						
	34	0.06	0.04		0.034	0.026						
	36	0.04	0.04		0.022	0.023						
	40	0.07	0.06		0.046	0.036						
	41	0.07	0.08		0.046	0.061						
	46	0.07	0.05		0.026	0.027						
	47	0.08	0.08		0.038	0.043						
	48	0.07	0.06		0.037	0.033	0.00003					
Estaciones de Ducto 2017	11	0.09	0.07	0.0006	0.030	0.032	0.00003					
	15	0.06	0.05		0.024	0.026	0.00005					
	20	0.06	0.04		0.033	0.020	0.00003					
	21	0.07	0.06		0.034	0.028		0.00008		0.0073		
	24	0.08	0.07		0.039	0.033			0.0013			
	28	0.04	0.05		0.035	0.032						
	29	0.05	0.05		0.029	0.026						
	37	0.05	0.07		0.026	0.044						
	38	0.05	0.05		0.026	0.039						0.0114
	39	0.06	0.08		0.031	0.061						
	42	0.12	0.17		0.064	0.071		0.00003				
	45	0.08	0.09		0.044	0.039	0.00004					
Estaciones Planta 2017	43	0.08	0.07		0.036	0.045		0.00003				
	44	0.09	0.09		0.040	0.051						
Sin efecto		---		---	≤0.050		≤0.00094		≤0.0082	---	≤0.081	
Efecto Crónico		---		---	>0.050		>0.00094		>0.0082	---	>0.081	
Efecto Agudo		---		---	≥0.300		≥0.00180		≥0.0740	---	≥0.090	

Calidad del sedimento

Granulometría

La distribución de tamaño de grano en los sedimentos superficiales mostró dominancia de arenas en prácticamente todo el polígono de estudio. En algunas estaciones se observó un porcentaje importante de limos, mientras que las arcillas permanecieron en todos los casos con proporciones menores a 9% (Figura IV.52). Estos resultados difieren de lo encontrado en estudios previos en los que la fracción fina dominó la composición de sedimentos.

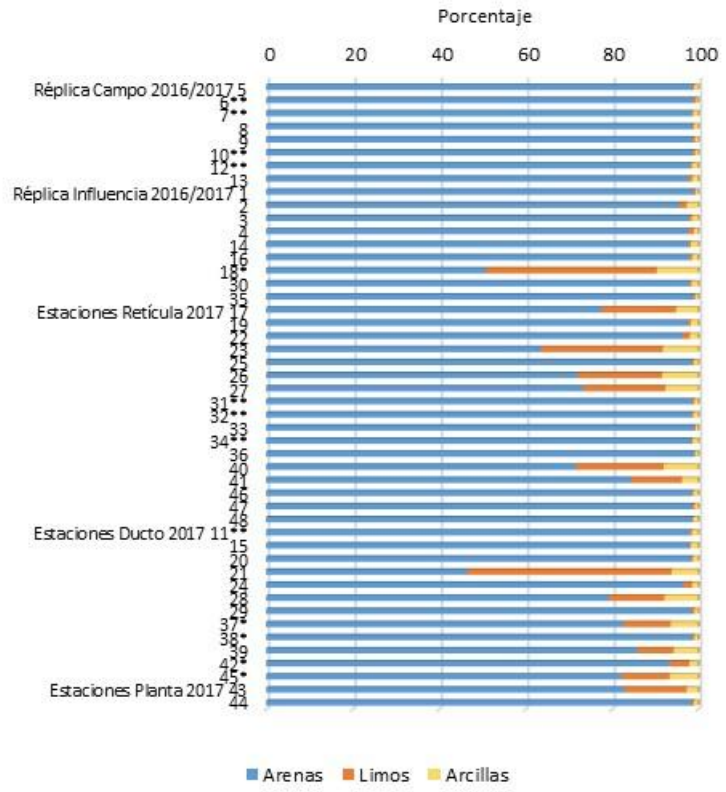


Figura IV. 52 Porcentaje de arenas, limos y arcillas en las muestras de sedimento superficial en los sitios de la campaña oceanográfica del Campo Hokchi. Los sitios marcados con * repreentan cercanía a pozos petroleros exploratorios; ** a pozos petroleros en desarrollo

La capacidad de adsorción de contaminantes está determinada por el tamaño de grano, básicamente a menor tamaño aumenta la adsorción, como ha quedado demostrado en estudios donde la concentración de contaminantes y el tamaño del grano muestran relación directa. Con base en los resultados encontrados, el sedimento del área de estudio tendría influencia limitada sobre la concentración de metales, lo cual se confirmó con los resultados

de correlación, que fueron de moderados a bajos para la mayoría de los metales excepto el aluminio y cobre (Cuadro IV.11).

Cuadro IV. 11 Coeficiente de determinación (R2) entre tamaño de grano (arenas, limos, arcillas) y concentración de metales en el Campo Hokchi

	Al	As	Ba	Cu	Co	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn	Cr
Arenas	0.81	0.26	0.35	0.84	0.58	0.49	0.04	0.55	0.21	0.45	0.68	0.45
Limos	0.75	0.24	0.34	0.81	0.53	0.44	0.03	0.48	0.24	0.41	0.62	0.39
Arcillas	0.84	0.26	0.26	0.75	0.63	0.59	0.06	0.68	0.07	0.51	0.74	0.56

Potencial RedOx

El potencial de óxido-reducción (RedOx) del sedimento marino es una característica relacionada con varias condiciones del sedimento, destacando el grado de depositación de materia, el flujo de materia orgánica, la actividad de la fauna béntica y la concentración de oxígeno en el fondo de la columna de agua. Diversos estudios en el mundo reportan que el potencial redox en ambientes marinos suele presentar variaciones que a su vez modifican el flujo de oxígeno y alternativamente moviliza y precipita al Fe y otros metales asociados. Dichas oscilaciones en el potencial redox se deben principalmente a la interacción de la macrofauna y meiofauna con el sedimento a través de procesos como la bio-irrigación y bio-perturbación. Los valores de potencial de óxido-reducción en el Campo Hokchi mostraron un intervalo de -58.2 a 242.6 mV, con valores negativos en 42 de las 48 muestras. Los sitios con potencial positivo se ubicaron en el norte del polígono de estudio, en las zonas de Réplica de Influencia y la Réplica de Campo (Figura IV.53). El resultado indica que durante el estudio prevalecieron condiciones reductoras y teóricamente ocurre un incremento de materia orgánica debido a una tasa baja de descomposición.

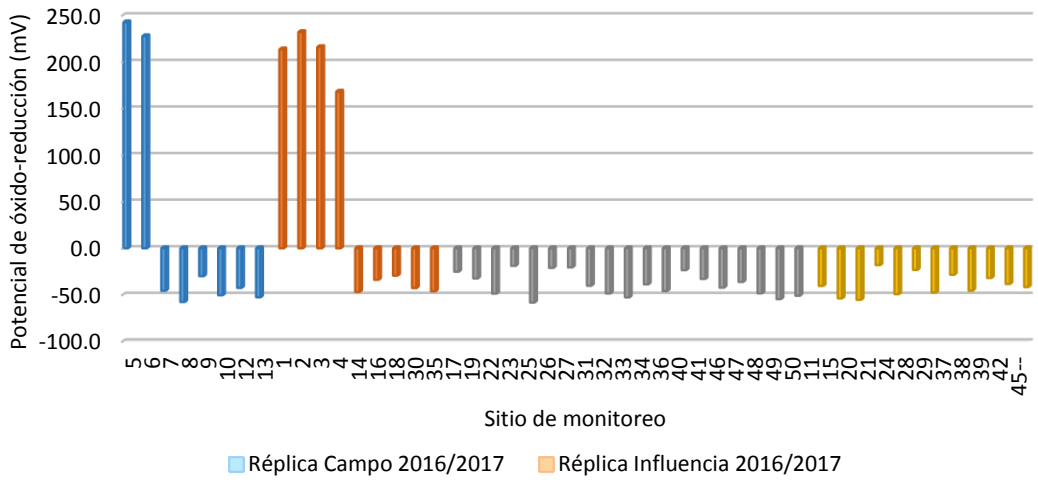


Figura IV. 53 Valores de potencial de oxidación-reducción en los sedimentos superficiales del Campo Hokchi.

Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

No se encontraron cantidades detectables de HTP en los sedimentos superficiales del campo Hokchi. Los HTP tampoco fueron encontrados en los estudios de Línea Base Ambiental Regional de Campos de Aguas Someras de la Ronda 1, ni en el Monitoreo Ambiental del Golfo de México, Campaña Oceanográfica Ueyatl 1, realizados recientemente por el Instituto Mexicano del Petróleo en 2014.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP)

Los HAP en sedimento superficial del Campo Hokchi no alcanzaron la concentración mínima detectable en ninguna de las muestras tomadas durante el crucero. Algunos autores concuerdan en que la identificación de HAP y sus fuentes requiere de un análisis integral que puede ser complicado ya que los HAP están sujetos a procesos de dispersión tanto atmosférica como fluvial, donde los parámetros ambientales como tamaño de partícula, corrientes, temperatura, condiciones físicas y químicas, entre otras, determinan su acumulación o dispersión de un lugar determinado. Botello y colaboradores (2015) determinaron HAP en sedimentos frente a las costas de Tamaulipas, encontrando que la distribución espacial de estos compuestos mostraba influencia de la descarga de los ríos en esta parte del Golfo de México. Los HAP de mayor abundancia fueron el acenafteno, fluoreno, antraceno, criseno, fenantreno y dibenzo (a,h)antraceno. La fuente principal de HAP fue pirolítica, y en menor proporción la combustión de combustibles fósiles. Las concentraciones fluctuaron de 0.01-0.07 µg/g, que representan riesgo ambiental bajo de acuerdo a los criterios internacionales de calidad de sedimento.

Biomarcadores del petróleo (BMK)

No se identificaron compuestos biomarcadores de petróleo en las muestras de sedimento en el Campo Hokchi. En el estudio de Línea Base Ambiental Regional realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo en Campos de Aguas Someras de la Ronda 1 se encontraron BMK en concentraciones del orden de ng/g. En dicho estudio se pudieron calcular algunos índices químicos para compararlos con los del crudo ligero y pesado extraídos de la Sonda de Campeche. Los resultados indicaron semejanza con los del crudo pesado Maya.

Metales

Las muestras de sedimento superficial fueron analizadas para determinar la concentración de 16 metales. El cadmio no fue detectado en ninguna de las muestras (el LDM fue 0.5593 mg/kg), mientras que el mercurio (LDM = 0.038 mg/kg), selenio (LDM = 3.48 mg/kg) y estaño (LDM = 3.51 mg/kg) fueron detectados en pocos sitios (2, 3 y 9 respectivamente). En general, la concentración de los metales restantes en orden decreciente fue: Mn > Ba >

Zn > V > Cr > As > Ni > Sn > Cu > Co > Pb. Este orden es consistente con lo observado en otros estudios en la región sur del Golfo, en los que el manganeso y el bario también fueron los metales más abundantes en sedimento.

En el Cuadro IV.12 se muestran las concentraciones (mg/kg) de los metales en los sitios de muestreo indicando la zona a la que pertenece: Réplica de campo 2016/2017, Réplica de influencia 2016/2017, Estaciones retícula 2017, Estaciones Ducto 2017 y Estaciones planta 2017. El 28 de mayo 2018 se notificó una modificación a la ubicación del ducto, ahora con los sitios 10, 11, 12, 15, 20, 21, 25, 29, 38 y 45 los cuales estaban clasificados inicialmente en el área de Retícula 2017 o Estaciones Ducto 2017. El análisis sobre la calidad del sedimento por metales está basado en el trazo original del ducto (Estaciones Ducto 2017), ampliando la discusión si algún metal presentó un cambio en su comportamiento debido a la modificación en la ubicación del ducto.

En la parte inferior del Cuadro IV.12 se encuentran los criterios TEL (threeshold effect level) y PEL (probable effect level) que establecen la asociación entre la concentración de un metal específico y el efecto biológico adverso que resulta de la exposición. La concentración más baja, TEL, representa la concentración por debajo de la cual se espera que los efectos biológicos ocurran rara vez. El valor superior, PEL, define el nivel por encima del cual los efectos negativos son esperados frecuentemente. Considerando esta información, se pueden definir tres intervalos de concentración: 1) el intervalo de efecto mínimo, en el cual los efectos son esperados rara vez (concentración menor al TEL, celdas en color verde en el Cuadro IV.12, el intervalo de efecto posible, en que los impactos negativos son esperados ocasionalmente (concentración del metal mayor al TEL pero menor que el PEL, celdas color amarillo) y, 3) intervalo de efecto probable en el que los efectos ocurrirán frecuentemente (concentración superior al PEL, celdas color rojo).

El aluminio presentó concentraciones desde 1.41 hasta 8.15 mg/kg con promedio general de 3.60 mg/kg en el Campo Hokchi. Se observó una tendencia de incremento de las concentraciones hacia el este de las Estaciones Retícula 2017 y en general en los sitios ubicados a lo largo del ducto, de tal forma que en estas áreas se encontraron concentraciones de aluminio superiores al promedio general referido. Las estaciones de la Réplica de Campo 2017 presentaron las concentraciones más bajas, así como la menor variación (CV =7.46) en comparación con las zonas restantes. Para este elemento no existen valores límite que establezcan efectos negativos y los resultados encontrados en el Campo Hokchi están en el intervalo de lo reportado en otros estudios llevados a cabo en la zona sur del Golfo de México. Con la nueva ubicación del ducto, aumentó el promedio de las concentraciones para el área de la Retícula 2017 y disminuyó para el ducto 2017, ya que las concentraciones más elevadas de aluminio, pero se conserva la tendencia de máximos niveles en estas zonas.

El hierro se presentó en concentraciones mínimas de 0.09 mg/kg, promedio de 11.06 mg/kg y máxima de 19.31 mg/kg y coeficiente de variación de 36.6 lo cual indica una variación moderada. Las concentraciones mayores de hierro ocurrieron en varios de los sitios localizados en el Ducto, en la Retícula y en una de los sitios costeros (sitio 43). Para el hierro tampoco existen criterios ambientales ya que es otro elemento abundante en la corteza terrestre y su origen es principalmente natural. El comportamiento del hierro no

cambió significativamente con el nuevo trazo del ducto, se observó una modificación similar a la que presentó el aluminio.

El arsénico se registró en concentraciones de 3.72-24.27 mg/kg con promedio de 11.21 mg/kg. Como se observa en el Cuadro IV.12, la mayoría de los sitios de muestreo superaron la concentración TEL (7.2 mg/kg). Se observó que las estaciones de la Réplica de Influencia y la Réplica de Campo presentaron las concentraciones más altas, superando dicho criterio en todos los casos, lo cual significa que los efectos ambientales pueden presentarse moderadamente. Los sitios ubicados a lo largo del Ducto presentaron concentraciones variables de este metal (3.72-22.60 mg/kg), mientras que los dos sitios localizados en la Planta (costeros) presentaron niveles menores al promedio general para el Campo Hokchi. Las concentraciones de arsénico observadas en otros estudios han sido la mitad de lo encontrado en el Campo Hokchi, por lo que es recomendable vigilar estrechamente la variación de sus niveles para evitar que el riesgo ambiental aumente. El arsénico mantuvo este comportamiento aun con el nuevo trazo del ducto.

El bario se encontró en concentraciones desde 2.71 mg/kg hasta 347.20 mg/kg, con promedio de 47.85 mg/kg y CV de 159.18. Los valores máximos de este metal (347.20 mg/kg y 159.3 mg/kg) correspondieron a un sitios ubicado en la Réplica de Influencia y en uno del ducto. A excepción de estos dos sitios, las concentraciones de bario fueron menores al criterio TEL (130 mg/kg), por lo que el riesgo ambiental es mínimo. Las concentraciones encontradas en este estudio son menores a lo que se reportó con anterioridad, con máximo de 438.2 mg/kg. Sin embargo, los resultados de este estudio y los anteriores coinciden en que la frecuencia de niveles de bario superiores al TEL es baja. Con el nuevo trazo del ducto, la segunda concentración más alta queda clasificada dentro del área de Retícula.

Las concentraciones promedio de Cu fueron 4.74 mg/kg, con mínimo de 2.2 mg/kg y máximos de 12.34 mg/kg. Los niveles más altos de cobre se encontraron en las estaciones cercanas al Ducto, sin embargo en ningún caso se superó la concentración indicada en el >TEL (18.7 mg/kg), por lo que el cobre no representa riesgo ambiental en el Campo Hokchi. Con el nuevo trazo del ducto, se incrementó ligeramente el promedio de la concentración de este metal en el área de la Retícula y disminuyó en el Ducto.

El cobalto mostró intervalo de concentración de 2.44-7.43 mg/kg en el campo Hokchi. Se observó que algunos de los valores más altos se midieron en las estaciones ubicadas a lo largo del Ducto, mostrando un intervalo de 2.91-7.43 y promedio de 5.09 mg/kg, aunque no fue un patrón de distribución definido. Con la nueva ubicación del ducto, se observó que las concentraciones disminuyeron (promedio de 4.30 y máximo de 7.35 mg/kg) y las de la Retícula aumentaron, en ambos casos el cambio fue mínimo. Para el cobalto no existe criterio que establezca una concentración máxima para evitar daños ambientales.

El manganeso fluctuó dentro del intervalo de 60.28 mg/kg a 431.2 mg/kg, con promedio de 192.96 mg/kg. Los valores más bajos y con menor variación se observaron en la zona de Réplica de Campo 2016/2017, mientras que los más altos y variables correspondieron a los sitios de la Retícula. Con el nuevo trazo del ducto, se observaron cambios mínimos, siguiendo la misma tendencia. Para este metal no existen valores máximos de protección al ambiente.

El níquel presentó concentración mínima de 4.16 mg/g, máxima de 19.37 mg/kg y promedio de 9.07 mg/kg en todo el Campo de estudio. Las concentraciones de este metal superaron el valor TEL (15.9 µg/g) en la mitad de los sitios de la zona del Ducto, en dos sitios de la Retícula 2017 y uno de la Planta (costero). El comportamiento del níquel tomando en cuenta el nuevo trazo del ducto presentó la misma modificación que los metales anteriores, es decir un ligero decremento en el promedio de los sitios del ducto y un incremento en la Retícula. El petróleo mexicano se caracteriza por ser rico en níquel (junto con el vanadio); más aún, el níquel es empleado como catalizador en la refinación del petróleo, por lo que sus concentraciones se relacionan de manera directa con las actividades de la industria petrolera.

El plomo se registró en concentración mínima de 1.78 mg/kg y máxima de 22.37 mg/kg con promedio general de 3.93 mg/kg que son niveles observados en estudios anteriores. La mayoría de las concentraciones se mantuvieron menores a 5 mg/kg y las máximas se registraron en sitios del Ducto. Ninguno de estos valores fue mayor al criterio considerado seguro para el ambiente y la salud humana (TEL = 30.24 mg/kg). El nuevo trazo del ducto modificó ligeramente este comportamiento, aumentando las concentraciones en la Retícula, sin embargo el máximo de plomo observado en el sitio 21 permanece en la zona de influencia del nuevo ducto.

El estaño sólo se detectó en 9 sitios, con mínima de 4.01 mg/kg, promedio de 5.04 mg/kg y máximo de 6.15 mg/kg, esta última correspondió al sitio 24. Con el nuevo trazo del ducto, este sitio se clasificó dentro de la Retícula por lo que el promedio para esta zona aumentó. El estaño no tiene una concentración máxima permitida para protección al ambiente.

Las concentraciones de vanadio mostraron un intervalo de 4.18-23.09 mg/kg con promedio de 13.21 mg/kg. El máximo valor se encontró en el sitio 43 (costero), en la Retícula y a lo largo del Ducto, mientras que en las zonas restantes se midieron concentraciones variables. El nuevo trazo del ducto modificó ligeramente el intervalo de concentraciones observadas a lo largo del ducto y aumentó el de la Retícula, especialmente por los sitios 39 y 37 que originalmente estaban clasificados en el área de ducto.

El Zn mostró un intervalo de concentración de 6.79-32.23 mg/kg con promedio de 16.35 mg/kg. El máximo se presentó en un sitio de la Retícula y varias de las concentraciones más altas se observaron en los sitios localizados a lo largo del Ducto, seguido por un sitio costero (estación 43). No existe riesgo ambiental por zinc en el área, considerando que los criterios TEL y PEL no fueron superados en ningún sitio. El nuevo trazo del ducto no modificó significativamente este comportamiento.

El cromo total fluctuó en concentraciones desde 4.41 mg/kg hasta 34.13 mg/kg con promedio de 12.84 mg/kg. Las concentraciones más altas se presentaron en los sitios correspondientes al Ducto y a uno de los costeros; este fue un comportamiento observado en varios metales. El criterio de concentración establecido para asegurar la salud ambiental (52.3 mg/kg) no fue superado en ningún caso. El nuevo trazo del ducto implicó que la concentración máxima ya no se ubicara en uno de los sitios del ducto, sino en la zona de la Retícula.

Cuadro IV. 12 Concentración de metales en sedimento (mg/kg) durante la campaña oceanográfica Hokchi en el Golfo de México. El código de color corresponde a los criterios de toxicidad establecidos por la NOAA para cada metal. Las concentraciones menores al TEL represe tan riesgo mínimo, mayores a TEL pero menores a PEL representan un riesgo posible y las mayores a PEL un riesgo probable.

Área	Sitio	Al	As	Ba	Cu	Co	Fe	Hg	Mn
Réplica de campo 2016-2017	5	2789	17.61	4.33	4.51	3.76	10400	n.d.	194.20
	6	2534	10.61	n.d.	4.80	3.36	10680	n.d.	121.50
	7	2806	10.28	n.d.	2.88	3.80	9767	n.d.	117.60
	8	3156	11.90	n.d.	3.83	2.65	7906	n.d.	118.70
	9	2877	11.35	n.d.	3.75	3.19	9412	n.d.	123.60
	10*	2779	7.63	n.d.	4.30	3.27	9184	n.d.	117.30
	12*	2799	6.24	7.90	2.45	3.75	9974	n.d.	110.20
	13	2483	15.84	n.d.	2.60	4.03	10830	n.d.	132.40
Réplica de influencia 2016-2017	1	2497	9.98	n.d.	5.38	n.d.	8206	n.d.	186.90
	2	2580	22.09	3.19	3.08	3.34	11180	n.d.	194.70
	3	2052	20.59	n.d.	4.57	3.62	9464	n.d.	303.10
	4	2695	10.53	n.d.	4.01	3.89	11530	n.d.	107.50
	14	2775	11.90	2.71	4.51	3.95	10190	n.d.	145.50
	16	2443	12.78	n.d.	2.36	2.58	9085	n.d.	236.60
	18	8154	9.42	347.20	9.96	5.05	16330	0.068	206.50
	30	2032	19.08	n.d.	2.35	3.49	9356	n.d.	431.20
	35	2051	14.01	6.92	2.36	3.99	8789	n.d.	148.40
Estaciones retícula 2017	17	5850	n.d.	46.35	7.32	6.68	16760	n.d.	336.80
	19	2501	11.16	n.d.	5.38	3.50	94.68	n.d.	90.15
	22	3101	10.95	5.87	4.65	6.10	11930	n.d.	175.60
	23	7588	5.07	43.48	9.00	7.20	17300	n.d.	201.60
	25*	1776	16.58	3.10	3.99	4.45	8205	n.d.	376.70
	26	6550	3.83	44.37	8.83	6.60	15430	n.d.	211.80
	27	7095	4.15	26.06	8.36	6.62	16350	n.d.	214.50
	31	1744	9.32	n.d.	n.d.	2.83	7942	n.d.	66.89
	32	2250	24.06	n.d.	2.56	3.98	9616	n.d.	405.00
	33	1811	18.72	n.d.	3.38	4.02	8726	n.d.	258.00
	34	2067	14.62	n.d.	2.61	4.66	10190	n.d.	167.50
	36	1827	13.80	n.d.	3.94	3.67	8724	n.d.	172.30
	40	6294	7.28	37.55	7.78	6.46	18180	0.052	202.00
	41	5679	n.d.	13.27	5.69	5.19	11480	n.d.	234.60
	46	1550	7.80	n.d.	2.27	2.44	4104	n.d.	60.28
	47	1406	8.53	n.d.	2.41	2.83	4748	n.d.	73.67
	48	1856	10.90	n.d.	2.71	2.93	6111	n.d.	199.40
Estaciones ducto 2017	11	2557	9.49	n.d.	4.14	3.42	9306	n.d.	132.80
	15*	2757	11.98	3.40	3.81	3.42	10590	n.d.	184.70
	20*	2055	10.78	n.d.	3.77	2.90	8851	n.d.	165.50
	21*	7762	3.72	91.48	12.34	7.35	14470	n.d.	182.80
	24	1920	10.24	4.49	4.18	4.45	7152	n.d.	210.90
	28	7269	6.98	56.04	9.34	7.43	15620	n.d.	250.90
	29*	2075	22.60	n.d.	2.96	3.86	10270	n.d.	224.10
	37	5678	7.11	78.86	6.34	6.10	18090	n.d.	275.80
	38*	2649	8.62	n.d.	2.20	4.59	13720	n.d.	147.20
	39	5490	8.91	87.97	7.05	6.85	16900	n.d.	201.40
	42	4847	7.25	159.30	4.19	4.79	12050	n.d.	185.60
	45*	7908	5.07	16.53	5.86	5.95	17900	n.d.	224.90
Estaciones planta 2017	43	6893	6.17	10.08	5.45	7.27	19310	n.d.	297.40
	44	2484	8.26	n.d.	2.68	4.16	8819	n.d.	135.50
> TEL		*	< 7.2	< 130	< 18.7	*	*	< 0.13	*
TEL < [ ] > PEL		*	7.2 < [ ] > 41.6	> 130	18.7 < [ ] > 108	*	*	0.13 < [ ] > 0.7	*
[ ] > PEL		*	> 41.6		> 108	*	*	> 0.7	*

[ ] es la concentración del metal (mg/Kg).
Los sitios marcados con * son los sitios ubicados en el área del ducto notificado el 28/05/2018

Cuadro IV. 13 Concentración de metales en sedimento (mg/kg). Continuación

Área	Sitio	Ni	Pb	Se	Sn	V	Zn	Cr
Réplica de campo 2016-2017	5	6.65	n.d.	n.d.	n.d.	11.41	11.22	8.44
	6	5.56	n.d.	n.d.	n.d.	11.82	10.34	7.02
	7	6.25	n.d.	n.d.	n.d.	11.89	11.77	9.74
	8	5.84	2.22	n.d.	n.d.	7.00	9.86	6.57
	9	6.31	2.03	n.d.	n.d.	10.34	12.19	8.71
	10*	6.80	2.40	n.d.	n.d.	11.99	12.42	8.93
	12*	7.13	2.55	n.d.	n.d.	11.90	13.11	10.70
	13	6.56	2.18	n.d.	n.d.	14.02	11.78	7.94
Réplica de influencia 2016-2017	1	6.69	4.59	n.d.	n.d.	8.19	9.86	9.71
	2	6.28	3.52	n.d.	n.d.	10.43	9.90	7.99
	3	5.53	2.35	n.d.	n.d.	11.28	11.63	7.12
	4	6.78	2.07	n.d.	n.d.	17.04	17.59	11.43
	14	7.12	1.78	n.d.	n.d.	12.33	12.73	10.85
	16	5.22	2.49	n.d.	n.d.	9.99	15.02	5.74
	18	12.66	5.09	5.56	n.d.	18.26	27.93	16.88
	30	5.42	18.54	3.71	5.68	11.78	12.61	6.67
	35	7.74	2.33	n.d.	n.d.	9.44	10.99	7.69
Estaciones retícula 2017	17	19.37	3.20	n.d.	n.d.	18.64	32.23	25.88
	19	6.13	2.24	n.d.	n.d.	11.58	11.14	7.98
	22	11.32	2.38	n.d.	n.d.	16.50	16.13	26.46
	23	14.62	2.82	n.d.	n.d.	20.91	28.58	20.84
	25*	5.62	n.d.	n.d.	n.d.	11.20	11.14	7.21
	26	14.26	3.37	n.d.	n.d.	19.43	27.11	22.50
	27	14.44	2.80	n.d.	n.d.	17.13	25.45	18.81
	31	4.16	n.d.	n.d.	4.01	9.69	9.33	5.08
	32	6.28	2.84	n.d.	n.d.	10.65	10.90	7.60
	33	6.56	2.26	n.d.	n.d.	10.36	9.19	5.67
	34	8.00	3.33	n.d.	n.d.	14.85	14.59	12.89
	36	7.10	n.d.	n.d.	n.d.	8.38	9.04	10.89
	40	15.97	4.01	n.d.	n.d.	19.36	27.65	21.08
	41	12.82	3.40	n.d.	n.d.	11.47	25.35	17.83
	46	4.34	n.d.	n.d.	n.d.	4.18	8.23	4.41
	47	4.29	n.d.	n.d.	n.d.	5.14	6.79	5.14
	48	5.80	n.d.	n.d.	n.d.	6.08	8.52	5.46
Estaciones ducto 2017	11*	5.98	1.87	n.d.	n.d.	11.63	13.83	8.62
	15*	7.39	2.45	n.d.	n.d.	13.71	13.02	10.11
	20*	5.53	2.58	n.d.	n.d.	10.72	9.23	5.76
	21*	14.42	22.37	n.d.	5.90	18.94	28.97	21.76
	24	4.91	n.d.	4.26	6.15	7.39	9.53	7.04
	28	17.35	10.31	n.d.	5.86	18.82	27.37	34.13
	29*	5.88	2.08	n.d.	4.72	12.39	11.11	7.14
	37	18.54	3.99	n.d.	4.57	20.30	27.05	23.95
	38*	6.89	2.02	n.d.	n.d.	19.73	16.48	12.41
	39	16.93	3.31	n.d.	n.d.	19.65	27.44	23.77
	42	12.03	2.82	n.d.	n.d.	15.13	22.32	18.34
	45*	18.45	3.21	n.d.	4.33	18.78	31.82	25.56
Estaciones planta 2017	43	18.62	3.08	n.d.	n.d.	23.09	30.91	31.41
	44	6.96	2.37	n.d.	4.10	9.15	13.22	8.62
> TEL		< 15.9	< 30.24	*	*	*	< 124	< 52.3
TEL < [ ] > PEL		15.9 < [ ] > 42.8	30.24 < [ ] > 112	*	*	*	124 < [ ] > 271	52.3 < [ ] > 160
[ ] > PEL		> 42.8	> 112	*	*	*	> 271	> 160

[ ] es la concentración del metal (mg/Kg).
Los sitios marcados con * son los sitios ubicados en el área del ducto notificado el 28/05/2018

La distribución general de los metales mostró que las concentraciones más altas ocurrieron en los sitios ubicados a lo largo del Ducto, seguidos por la zona de la Retícula, particularmente el cobre, cobalto, hierro, níquel, plomo, vanadio, zinc y cromo mostraron este comportamiento. Las concentraciones mínimas de vanadio, cromo, manganeso, cobalto, níquel, aluminio y zinc se observaron con mayor frecuencia en la zona sur de la Retícula (sitios 46 y 47). También se observa que las concentraciones de los metales en la zona de Réplica de campo 2016/2017 presentaron en general las concentraciones más estables (CV más bajo) en comparación con las demás zonas del Campo Hokchi. La Figura IV.54 describe las concentraciones medidas de níquel en el Campo Hokchi: concentraciones intermedias y estables en la zona de Réplica de Campo, seguidas de la zona de la Réplica de Influencia. En la zona de la Retícula se incrementa la variabilidad en la concentración, alcanzando el criterio TEL. en los sitios del Ducto se presentaron con más frecuencia las concentraciones más altas, así como en uno de los sitios costeros. Este comportamiento se observó para el cobre, zinc, cobalto, cromo y aluminio.

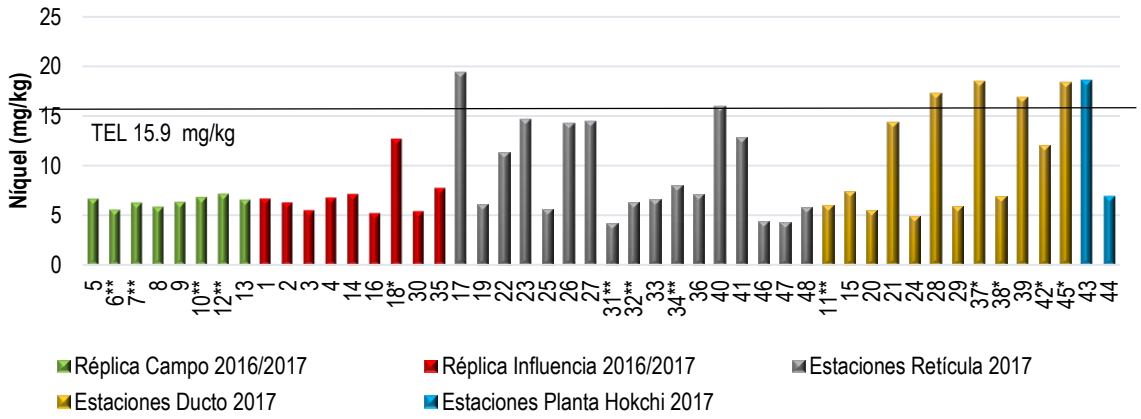


Figura IV. 54 Concentración de níquel (mg/kg) en sedimento superficial determinado en el Campo Hokchi. Los sitios marcados con * representan cercanía a pozos petroleros exploratorios; ** a pozos petroleros en desarrollo.

Las concentraciones de varios metales mostraron variación con la zona, siendo mayores en las zonas de la Retícula y en el Ducto 2017. El nuevo trazo del ducto modificó este comportamiento, ya que algunas de las concentraciones más altas quedaron fuera del trazo inicial y se clasificaron en los sitios de la Retícula. El metal que presentó concentraciones superiores al criterio de protección ambiental (7.2 mg/kg) fue el arsénico, superando este criterio en 80% de las muestras. Otro aspecto observado fue la influencia de los pozos petroleros sobre la concentración de los metales, en general las mayores concentraciones se encontraron en los sitios cercanos a los pozos exploratorios. Esto se observó para el aluminio, bario, cobre, hierro, níquel, vanadio, zinc y cromo.

Nótese que el arsénico no presentó este comportamiento, lo que sugiere que tiene una fuente distinta a la relacionada con los pozos. En el cuadro 14 se resume la estadística descriptiva de la concentración de los elementos en las zonas antes descritas y en los sitios cercanos a pozos exploratorios y a pozos en desarrollo.

Cuadro IV. 14 Cuadro IV.14. Estadística descriptiva de las concentraciones de metales en sedimentos (mg/g) divididas en zonas del área de estudio Hokchi

Área		Al	As	Ba	Cu	Co	Fe	Mn
Réplica de campo 2016-2017	Min	2483.00	6.24	4.33	2.45	2.65	7906.00	110.20
	Prom	2777.88	11.43	6.12	3.64	3.48	9769.13	129.44
	Max	3156.00	17.61	7.90	4.80	4.03	10830.00	194.20
	CV	7.46	33.26	41.28	24.71	12.81	9.74	20.80
Réplica de influencia 2016-2017	Min	2032.00	9.42	2.71	2.35	2.58	8206.00	107.50
	Prom	3031.00	14.49	90.01	4.29	3.74	10458.89	217.82
	Max	8154.00	22.09	347.20	9.96	5.05	16330.00	431.20
	CV	64.08	33.43	190.52	56.07	18.76	23.46	45.04
Estaciones retícula 2017	Min	1406.00	3.83	3.10	2.27	2.44	94.68	60.28
	Prom	3585.00	11.12	27.51	5.06	4.71	10346.51	202.75
	Max	7588.00	24.06	46.35	9.00	7.20	18180.00	405.00
	CV	64.01	50.91	65.38	48.89	34.17	49.87	50.00
Estaciones ducto 2017	Min	1920.00	3.72	3.40	2.20	2.91	7152.00	132.80
	Prom	4413.92	9.40	62.26	5.52	5.09	12909.92	198.88
	Max	7908.00	22.60	159.30	12.34	7.43	18090.00	275.80
	CV	53.38	50.85	86.15	52.80	31.33	28.96	20.83
Estaciones planta 2017	Prom	4688.50	7.22	10.08	4.07	5.72	14064.50	216.45
Estaciones pozos exploratorios	Min	2649.00	5.07	16.53	2.20	4.59	12050.00	147.20
	Prom	5847.20	7.49	150.47	5.71	5.30	15618.00	208.00
	Max	8154.00	9.42	347.20	9.96	6.10	18090.00	275.80
Estaciones pozos en desarrollo	Min	1744	6.24		2.45	2.83	7942.00	66.89
	Prom	2442	11.53		3.39	3.63	9582.38	154.85
	Max	2806	24.06		4.80	4.66	10680.00	405.00
		Ni	Pb	Se	Sn	V	Zn	Cr
Réplica de campo 2016-2017	Min	5.56	2.03			7.00	9.86	6.57
	Prom	6.39	2.28			11.30	11.59	8.51
	Max	7.13	2.55			14.02	13.11	10.70
	CV	8.00	8.88			17.79	9.30	15.92
Réplica de influencia 2016-2017	Min	5.22	1.78			8.19	9.86	5.74
	Prom	7.05	4.75	4.64		12.08	14.25	9.34
	Max	12.66	18.54			18.26	27.93	16.88
	CV	32.14	111.51			28.19	39.97	36.54
Estaciones retícula 2017	Min	4.16	2.24			4.18	6.79	4.41
	Prom	9.48	2.97			12.68	16.55	13.28

Área		Al	As	Ba	Cu	Co	Fe	Mn
	Max	19.37	4.01			20.91	32.23	26.46
	CV	51.18	18.64			41.69	53.79	60.16
Estaciones ducto 2017	Min	4.91	1.87		4.33	7.39	9.23	5.76
	Prom	11.19	5.18		5.26	15.60	19.85	16.55
	Max	18.54	22.37		6.15	20.30	31.82	34.13
	CV	50.29	119.09		15.21	27.89	42.66	55.99
Estaciones planta 2017	Prom	12.79	2.73		4.10	16.12	22.07	20.02
Estaciones pozos exploratorios	Min	6.89	2.02		4.33	15.13	16.48	12.41
	Prom	13.71	3.43		4.45	18.44	25.12	19.43
	Max	18.54	5.09		4.57	20.30	31.82	25.56
Estaciones pozos en desarrollo	Min	4.16	1.87			9.69	9.33	5.08
	Prom	6.27	2.60			11.80	12.04	8.82
	Max	8.00	3.33			14.85	14.59	12.89

Factores de Enriquecimiento (FE) e Índice de Geoacumulación (Igeo)

Los Factores de Enriquecimiento (FE) de cada metal se calcularon para estimar si existe una contribución antrópica o, por el contrario, se trata de concentraciones que pueden ser considerados naturales para el área de estudio. El cálculo incluye la normalización de la concentración del metal tomando como referencia las características locales del sedimento, siguiendo la fórmula:

$$FE = \left(X_{sed}/Fe_{sed}\right) \Big/ \left(X_{cor}/Fe_{cor}\right)$$

donde *FE* es el Factor de Enriquecimiento, X_{sed} y Fe_{sed} son las concentraciones observadas, y X_{cor} y Fe_{cor} son las concentraciones de referencia.

Existe una clasificación de acuerdo al valor obtenido de FE, la cual indica que si el FE de un metal es menor a 1 se considera que no existe enriquecimiento, es decir, la presencia del metal en la zona de estudio es debida principalmente a procesos naturales. Sin embargo, cuando el valor del FE es mayor a 1 y a medida que se incremente significa que la concentración del metal tiene una contribución antropogénica. Así, las categorías son: 1) origen natural para valores de FE < 1; 2) enriquecimiento mínimo para los casos en que 1 < FE < 3; 3) enriquecimiento moderado para valores de FE entre 3-5; 4) moderado severo para 5 ≤ FE < 10; 5) severo para 10 ≤ FE < 25; 6) muy severo para 25 ≤ FE < 50 y 7) extremadamente severo para FE ≥ 50.

Los resultados obtenidos para los metales en el polígono de estudio se presentan en el Cuadro IV.15. Los valores fueron menores a 1 para el aluminio, vanadio, cromo, cobalto, níquel y cobre. En el caso del plomo, bario, zinc y manganeso se encontraron algunos valores de FE que indican una ligera contribución de fuentes antrópicas. Es de notar que el sitio de monitoreo 19 registró una concentración de hierro extremadamente baja (94 mg/kg),

que se reflejó en los valores de FE obtenidos para los metales. Sin embargo, se conside€ra que es un caso aislado y no representativo de la zona de estudio, por lo que no será comentado en la discusión.

Los valores de FE para arsénico y estaño sugieren que las concentraciones de estos metales se deben a las actividades humanas. Los factores del arsénico presentaron 18 sitios con clasificación de enriquecimiento severo, 17 con enriquecimiento muy severo y 1 con la clasificación más alta, extremadamente severo. Los valores más altos de FE se observaron en las zonas de Réplica de campo, de Influencia y en la Retícula. El estaño también mostró valores de FE altos, la mayoría correspondió a la clasificación de enriquecimiento moderado severo. El Cuadro IV.15 contiene los valores de FE obtenidos para los metales del polígono estudiado.

Para complementar los resultados de FE, se calcularon también los Índices de geoacumulación, I_{geo}, los cuales se basan en las concentraciones de referencia de cada metal. La fórmula para calcular el I_{geo} es la siguiente:

$$I_{geo} = log_2 \left({}^{X}/_{1.5Bn} \right)$$

donde *X* es la concentración del metal, Bn es la concentración de referencia del metal y el factor 1.5 se aplica para corregir los efectos litogénicos. Al igual que el FE, el I_{geo} tiene 7 clases: si el valor I_{geo} es menor a 0 se dice que no hay contaminación; si $I_{geo} < 1$ se considera no contaminado o moderadamente contaminado; si I_{geo} tiene un valor entre 1-2, la contaminación por ese metal es moderada; si el I_{geo} es 2-3, indica contaminación moderada; si el I_{geo} alcanza valores entre 3-4 es fuertemente contaminado; para valores de I_{geo} entre 4-5 es una contaminación fuerte; entre 5-6 señala contaminación fuerte a muy fuerte; y si es mayor a 6 se considera muy contaminado.

El análisis de los valores de I_{geo} apoyan los resultados encontrados con los FE y son consistentes (es decir, los valores mayores de FE también correspondieron a los de I_{geo} y viceversa). El arsénico fue el único metal con valores de I_{geo} que indicaron influencia de fuentes no naturales. Sin embargo, en ninguno de los sitios se alcanzaron índices superiores a 2, por lo que la contaminación de acuerdo a este índice es moderada (Cuadro IV.16).

En resumen, tanto los valores de FE como I_{geo} indican que el arsénico tiene origen antrópico en prácticamente todo el polígono de estudio, mientras que los demás metales pueden tener origen principalmente natural.

Cuadro IV. 15 Factores de Enriquecimiento para los metales en el campo Hokchi

Área	Sitio	Al	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sn	Ba	Pb	Hg
Réplica de Campo 2016/2017	5	0.12	0.29	0.29	0.71	0.52	0.31	0.28	0.55	33.87		0.04		
	6	0.10	0.30	0.24	0.43	0.45	0.25	0.29	0.50	19.87				
	7	0.13	0.32	0.36	0.46	0.56	0.31	0.19	0.62	21.05				
	8	0.17	0.24	0.30	0.57	0.48	0.35	0.32	0.64	30.10			0.81	
	9	0.13	0.29	0.33	0.50	0.49	0.32	0.26	0.67	24.12			0.62	
	10	0.13	0.35	0.35	0.48	0.51	0.36	0.31	0.70	16.62			0.75	
	12	0.12	0.32	0.39	0.42	0.54	0.34	0.16	0.68	12.51		0.07	0.74	
	13	0.10	0.35	0.26	0.46	0.54	0.29	0.16	0.56	29.25			0.58	
Réplica de Influencia 2016/2017	1	0.13	0.27	0.43	0.86		0.39	0.43	0.62	24.32			1.61	
	2	0.10	0.25	0.26	0.66	0.43	0.27	0.18	0.46	39.52		0.02	0.91	
	3	0.09	0.32	0.27	1.21	0.55	0.28	0.32	0.63	43.51			0.72	
	4	0.10	0.39	0.36	0.35	0.49	0.28	0.23	0.78	18.27			0.52	
	14	0.12	0.32	0.38	0.54	0.56	0.34	0.29	0.64	23.36		0.02	0.50	
	16	0.12	0.29	0.23	0.99	0.41	0.28	0.17	0.85	28.13			0.79	
	18	0.22	0.30	0.37	0.48	0.45	0.37	0.40	0.88	11.54		1.80	0.90	1.87
	30	0.10	0.34	0.26	1.75	0.54	0.28	0.16	0.69	40.79	10.93		5.71	
	35	0.10	0.29	0.31	0.64	0.65	0.42	0.18	0.64	31.88		0.07	0.76	
Estaciones Retícula 2017	17	0.15	0.30	0.56	0.76	0.57	0.55	0.29	0.99			0.23	0.55	
	19	11.55	32.62	30.34	36.08	53.19	31.08	37.19	60.51	2357.41			68.14	
	22	0.11	0.37	0.80	0.56	0.74	0.46	0.26	0.70	18.36		0.04	0.57	
	23	0.19	0.32	0.43	0.44	0.60	0.41	0.34	0.85	5.86		0.21	0.47	
	25	0.09	0.36	0.32	1.74	0.78	0.33	0.32	0.70	40.41		0.03		
	26	0.19	0.34	0.52	0.52	0.62	0.44	0.37	0.90	4.96		0.24	0.63	
	27	0.19	0.28	0.41	0.50	0.58	0.42	0.33	0.80	5.08		0.14	0.49	
	31	0.10	0.33	0.23	0.32	0.51	0.25		0.60	23.47	9.09			
	32	0.10	0.30	0.28	1.60	0.60	0.31	0.17	0.58	50.04			0.85	
	33	0.09	0.32	0.23	1.12	0.66	0.36	0.25	0.54	42.91			0.75	
	34	0.09	0.39	0.46	0.62	0.66	0.38	0.17	0.74	28.69			0.94	
	36	0.09	0.26	0.45	0.75	0.61	0.39	0.30	0.53	31.64				
	40	0.15	0.28	0.42	0.42	0.51	0.42	0.28	0.78	8.01		0.17	0.64	1.29
	41	0.22	0.27	0.56	0.77	0.65	0.54	0.32	1.14			0.10	0.85	
	46	0.17	0.27	0.39	0.56	0.86	0.51	0.36	1.03	38.01				
	47	0.13	0.29	0.39	0.59	0.86	0.43	0.33	0.74	35.93				
	48	0.13	0.27	0.32	1.24	0.69	0.46	0.29	0.72	35.67				
Estaciones Ducto 2017	11	0.12	0.33	0.33	0.54	0.53	0.31	0.29	0.76	20.40			0.58	
	15	0.11	0.35	0.34	0.66	0.47	0.33	0.24	0.63	22.63		0.03	0.67	
	20	0.10	0.32	0.23	0.71	0.47	0.30	0.28	0.54	24.36			0.84	
	21	0.23	0.35	0.54	0.48	0.73	0.48	0.56	1.03	5.14	7.34	0.54	4.45	
	24	0.12	0.28	0.35	1.12	0.90	0.33	0.38	0.69	28.64	15.48	0.05		
	28	0.20	0.32	0.79	0.61	0.69	0.53	0.39	0.90	8.94	6.75	0.30	1.90	
	29	0.09	0.32	0.25	0.83	0.54	0.27	0.19	0.56	44.01	8.27		0.58	
	37	0.14	0.30	0.48	0.58	0.49	0.49	0.23	0.77	7.86	4.55	0.37	0.64	
	38	0.08	0.38	0.33	0.41	0.48	0.24	0.10	0.62	12.57			0.42	
	39	0.14	0.31	0.51	0.45	0.58	0.48	0.27	0.84	10.54		0.44	0.56	
	42	0.18	0.33	0.55	0.58	0.57	0.48	0.23	0.95	12.03		1.12	0.67	
	45	0.19	0.28	0.51	0.48	0.48	0.49	0.21	0.91	5.66	4.35	0.08	0.52	
Estaciones Planta 2017	43	0.16	0.32	0.59	0.58	0.54	0.46	0.18	0.82	6.39		0.04	0.46	
	44	0.12	0.28	0.35	0.58	0.68	0.38	0.20	0.77	18.73	8.37		0.77	
Código de clasificación			origen natural			enriq. moderado			enriq. severo			e. extremadamente severo		
			enriq. mínimo			enriq. mod-severo			enriq. muy severo					

Cuadro IV. 16 Índices de geoacumulación (Igeo) para los metales en el campo Hokchi.

	Sitio	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sn	Ba	Pb	Hg
Réplica de Campo 2016/2017	5	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.02	0.03	0.03	1.53		0.00		
	6	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.02	0.03	0.03	1.26				
	7	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.03	1.25				
	8	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.03	1.32			0.06	
	9	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.03	1.30			0.05	
	10	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.02	0.03	0.03	1.09			0.07	
	12	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.03	0.02	0.04	0.98		0.00	0.07	
	13	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.03	1.48			0.06	
Réplica de Influencia 2016/2017	1	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00		0.02	0.03	0.03	1.23			0.12	
	2	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.02	0.02	0.03	1.65		0.00	0.10	
	3	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.02	0.03	0.03	1.62			0.07	
	4	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.04	1.26			0.06	
	14	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.03	0.03	0.03	1.32		0.00	0.04	
	16	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.04	0.02	0.02	0.04	1.36			0.07	
	18	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.06	0.03	0.04	0.05	1.20		0.01	0.13	-32.32
	30	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.02	0.01	0.03	1.58	0.84		0.22	
	35	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.03	0.02	0.03	1.41		0.00	0.07	
Estaciones Retícula 2017	17	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.07	0.04	0.03	0.05			0.01	0.09	
	19	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.02	0.03	0.03	1.29			0.06	
	22	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.07	0.03	0.03	0.04	1.28		0.00	0.07	
	23	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.08	0.03	0.04	0.05	0.87		0.01	0.08	
	25	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.06	0.02	0.02	0.03	1.50		0.00		
	26	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.07	0.03	0.04	0.05	0.72		0.01	0.09	
	27	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.07	0.03	0.04	0.04	0.76		0.01	0.08	
	31	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04	0.02		0.03	1.19	0.67			
	32	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.02	0.02	0.03	1.70			0.08	
	33	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.02	0.02	0.03	1.57			0.06	
	34	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.06	0.03	0.02	0.04	1.43			0.09	
	36	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.03	0.02	0.03	1.40				
	40	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.07	0.04	0.04	0.05	1.06		0.01	0.11	-35.54
	41	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.06	0.03	0.03	0.04			0.01	0.09	
	46	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.03	1.10				
	47	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.03	1.15				
	48	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.04	0.02	0.02	0.03	1.28				
Estaciones Ducto 2017	11	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.04	1.20			0.05	
	15	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.03	0.02	0.04	1.33		0.00	0.07	
	20	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.04	0.02	0.02	0.03	1.27			0.07	
	21	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.08	0.03	0.04	0.05	0.70	0.85	0.01	0.24	
	24	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.06	0.02	0.03	0.03	1.24	0.87	0.00		
	28	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.08	0.04	0.04	0.05	1.04	0.85	0.01	0.18	
	29	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.02	0.02	0.03	1.67	0.75		0.06	
	37	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.07	0.04	0.03	0.05	1.05	0.73	0.01	0.11	
	38	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.06	0.02	0.01	0.04	1.15			0.05	
	39	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.07	0.04	0.03	0.05	1.17		0.01	0.09	
	42	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.06	0.03	0.03	0.04	1.06		0.01	0.08	
	45	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.07	0.04	0.03	0.05	0.87	0.70	0.01	0.09	
Estaciones Planta 2017	43	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.08	0.04	0.03	0.05	0.97		0.01	0.09	
	44	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.04	1.13	0.68		0.07	

	no contaminado		moderadamente cont		fuertem cont		muy contaminado
	no a moderadamente cont		mod a fuertemente cont		muy fuertem cont		

Los compuestos orgánicos (hidrocarburos totales de petróleo, compuestos aromáticos policíclicos y monoaromáticos, biomarcadores) no fueron detectados en agua ni sedimento del Campo Hokchi. Estos resultados son consistentes con estudios realizados en el sur del Golfo de México, en los que se han podido identificar pocos compuestos y en concentraciones bajas.

De los 16 metales analizados en sedimento, el cadmio no fue detectado en ningún sitio, mientras que el mercurio, selenio y estaño se identificaron en pocos sitios. En general, la concentración de los metales restantes en orden decreciente fue: Mn > Ba > Zn > V > Cr > As > Ni > Sn > Cu > Co > Pb. El resultado es similar a lo observado en otros estudios en la región sur del Golfo, en los que el manganeso y el bario también fueron los metales más abundantes en sedimento.

Con respecto al posible efecto ambiental, el arsénico fue el único metal que superó el criterio TEL en 80% de los sitios dentro del Campo Hokchi, por lo que se recomienda vigilar la evolución de sus concentraciones. El análisis de factores de enriquecimiento e índices de geo-acumulación para el arsénico indicaron que sus concentraciones están altamente influenciadas por las actividades humanas, mostrando en la mayoría de los casos enriquecimiento severo y muy severo.

Batimetría del sistema lagunar

Sistema lagunar El Carmen, Pajonal y La Machona

Las lagunas el Carmen, Pajonal y La Machona, así como el sistema lagunar Mecoacán, son de profundidad media referidas al nivel medio del mar que oscilan entre 0.90 m y valores máximos de 10.0 m en la boca de Panteones (ver siguiente figura). El lecho lagunar es sensiblemente llano y sus rasgos geomórficos son distintivos canales naturales de marea poco desarrollados y localizados en las bocas lagunares, abundan los bancos de ostión, el canal artificial es dragado desde la boca Santa Ana hasta el estero de La Redonda, que comunica con los ríos San Felipe y Santa Ana, ver sistema lagunar en la figura de la delimitación del SAR.

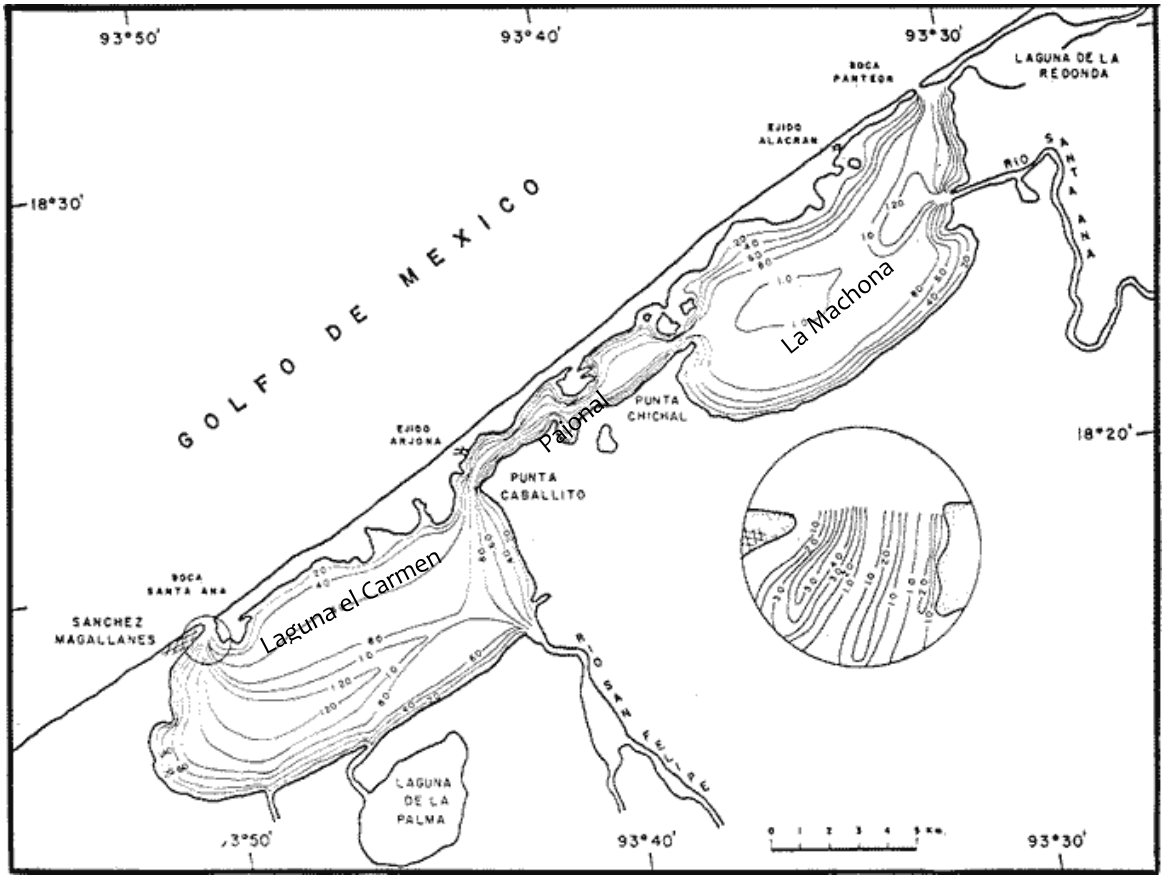


Figura IV. 55 Mapa batimétrico de la Laguna el Carmen, Pajonal y la Machona
Fuente: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-Unam

Las unidades geomórficas principales son: una barrera litoral arenosa de tipo Gilbert-Beaumont, formada por antiguas líneas de playa y por dunas arenosas; amplios pantanos de manglar desarrollados, preferentemente, hacia sotavento de la barrera; una llanura

costera formada por sedimentos fluvio-deltaicos, con remanentes lagunares y meandros abandonados; y dos ríos y varios arroyos que drenan en la ribera sur de las lagunas.

La corriente de litoral, con velocidad media de 25 cm/seg con dirección hacia el suroeste (SW), aporta gran cantidad de arena hacia las lagunas. La tasa de sedimentación arenosa es considerable en las bocas lagunares con franca influencia marina.

El avanzado estado evolutivo de las lagunas se ha incrementado por la apertura artificial de la boca de Panteones.

La velocidad y dirección de las corrientes corresponden con el flujo de marea y el régimen de viento, con un rango de variación entre 0 y 200 cm/s. Se observan las mayores velocidades en las bocas de Santa Ana y Panteones al descender la marea. Durante las tormentas, el agua que ingresa a las lagunas fluye con velocidades de hasta 150 cm/s, a través de las dos bocas lagunares.

Sistema lagunar Mecoacán

Las lagunas Mecoacán y Dos Bocas están relacionadas con los procesos de sedimentación terrígenas del delta del río Mezcalapa. La comunicación entre las lagunas y el Golfo de México es a través de una amplia boca limitada por dos barreras litorales formadas por antiguos cordones de playa y por dunas.

La laguna Mecoacán es alargada, con su eje principal paralelo al litoral; la profundidad media fue de 1.20 m con valores máximos de hasta 3.0 m en la barra Dos Bocas y 5.0 m en el canal natural El Bellote. El piso lagunar es sensiblemente llano y tiene abundantes bancos orgánicos.

La laguna Dos Bocas es pequeña, consiste de dos canales naturales que circundan a la isla Morelos formada con sedimentos terrígenos (A. Galaviz S. et al, Inst. Ciencias del Mar y Limnología.

El canal occidental es el de mayor profundidad, 5.0 m y es la comunicación natural entre la barra Dos Bocas, el río Seco y la laguna Mecoacán a través de otro canal natural denominado El Bellote, en el cual la profundidad media fue de 8.0 m.

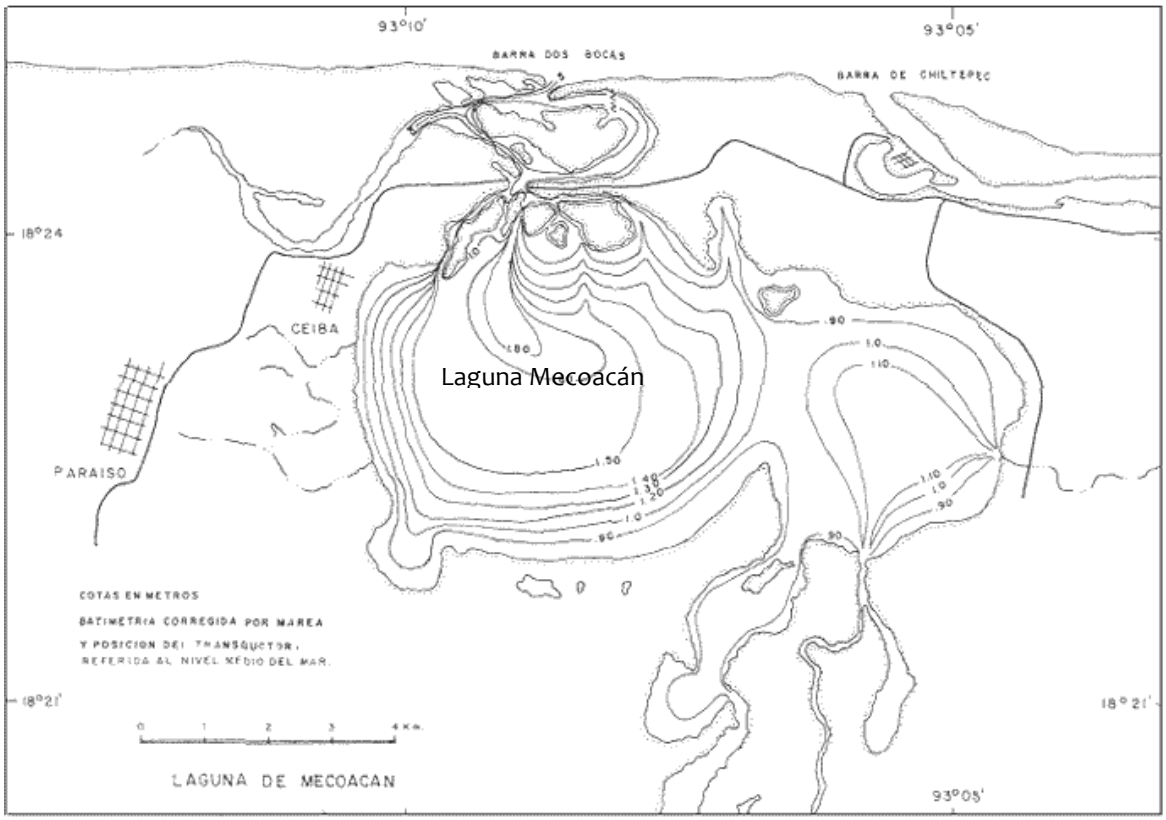


Figura IV. 56 Mapa batimétrico de la Laguna Mecoacán
Fuente: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-Unam

El flujo de marea es franco en la barra Dos Bocas siendo rápidamente amortiguado por fricción hacia el interior. Su amplitud varió de 0.7 m en Dos Bocas a 0.05 m en la ensenada del Castro. La velocidad de la corriente osciló entre 2 y 90 cm/seg de acuerdo con la marea y con viento proveniente del noreste (NE).

El movimiento general del agua lagunar es casi circular, de oeste a este. La determinación de las inversiones de marea y el retardo de marea entre Dos Bocas y la laguna Los Angeles es de 6 hs. Los sedimentos lagunares son terrígenos, la mayoría areno-limosos, con cantidades menores de arcilla; están mal y muy mal clasificados. Su distribución litológica se relaciona con la dinámica del agua y con la existencia de bancos ostrícolas.

La tasa promedio de sedimentación es de 1.5 cm/año con valores máximos de 2.0 cm/año. La visibilidad del agua fluctuó entre 1.20 m en Dos Bocas, 1.00 m en Boca Grande y 0.20 m en la mayor parte de la laguna Mecoacán. El estado evolutivo varía desde intermedio en la laguna Dos Bocas hasta avanzado en la laguna Mecoacán.

Este sistema lagunar costero está asociado con sistemas deltáicos fluviales producidos por sedimentación irregular o subsidencias de superficie que causa la compactación de los efectos de carga. Se formaron y varios se han modificado durante los últimos 5 mil años; algunos otros son muy jóvenes geológicamente (cientos de años). Se forman rápidamente barreras arenosas, que envuelven depresiones marginales o intradeltáicas muy someras; deltas de insumo de sedimentos bajos que pueden ser someros y frecuentemente efímeras,

lagunas elongadas entre montículos de playa. Presenta típicas barreras arenosas; el escurrimiento puede ser directo o el agua del río puede entrar a las lagunas a través de ensenadas; ocurren rápidamente modificaciones en la forma y batimetría; la energía es usualmente baja, excepto en los canales y ensenadas; hay salinidad típicamente baja, pero puede mostrar estacionalidad y variaciones cortas en tiempo (A. Galaviz S. et al, Inst. Ciencias del Mar y Limnología).

Calidad de agua en los Sistemas Lagunares Costeros (SLC) del SAR

Con el propósito de evaluar la calidad del agua en las zonas sensibles donde el Proyecto podría interactuar con los elementos ambientales en el SAR delimitado para su caracterización, se efectuó la medición de los parámetros fisicoquímicos y de contaminantes del sistema lagunar (Laguna el Carmen, La Machona, Barra de Tupilco, Laguna Grande de las Flores y Mecoacán) en la zona costera del estado de Tabasco que tienen comunicación directa con el Golfo de México. En este sentido, se puede decir que el Proyecto podría interactuar con estos ecosistemas ahí establecidos solo en caso de producirse un evento no deseado (fuga, derrame o liberación de sustancia peligrosas) y sin tomar las acciones pertinentes que están incluidas en el Plan de Respuesta a Emergencias. Los objetivos del muestreo fue evaluar lo siguientes parámetros fisicoquímicos:

- Temperatura, oxígeno disuelto, pH para determinar la calidad del agua de estos ecosistemas.
- Concentración de nutrientes (nitritos, nitratos, ortofosfatos y silicatos), así como los sólidos suspendidos para establecer la calidad del agua.
- Comparar los resultados obtenidos con los límites permisibles en cuanto a la protección de la vida acuática, publicados en el Diario Oficial el 31 de diciembre de 1998.
- Las variables no normadas a nivel nacional se compararan con criterios internacionales.

Una tercera parte del agua dulce de México, está en Tabasco, existen sistemas lagunares de poca profundidad que forman parte de todo el sistema hidrográfico del Estado. Las lagunas costeras son cuerpos acuáticos litorales que tienen, en su mayoría, comunicación permanente o efímera con el mar y son el resultado del encuentro entre dos masas de agua de diversas características.

Lo anterior causa fenómenos peculiares en su comportamiento físico, químico y biológico, con las consecuentes pautas ecológicas. Son resultado de tres características fundamentales: el aporte de nutrientes de los ríos, la penetración de organismos por el mar y el suministro de materia orgánica por los manglares, presentando una elevada productividad potencial; al recibir un subsidio energético considerable, unido a los procesos ecológicos fundamentales en estos sistemas, la energía disponible es claramente mayor comparada con la de otros ecosistemas acuáticos, por lo tanto cualquier alteración de estos componentes resulta en la modificación de las propiedades del ecosistema (Contreras, 1991).

Representan uno de los ecosistemas de mayor potencial productivo del país (Contreras y Zavalegui, 1988). Estos sistemas manifiestan una marcada individualidad; sin embargo, están regidas por algunos factores “comunes” a todas ellas, como son la mezcla de agua dulce y marina, que da por resultado su elevada productividad primaria (Contreras, 1991). Las lagunas costeras representan un excelente hábitat de reclutamiento y crecimiento para

un número significativo de especies de importancia comercial, cuyo ciclo de vida comprende fases estuarinas y marinas (De la Lanza, 1991).

En México sobresalen por sus dimensiones y productividad las lagunas el Carmen-Machona y Mecoacán en Tabasco.

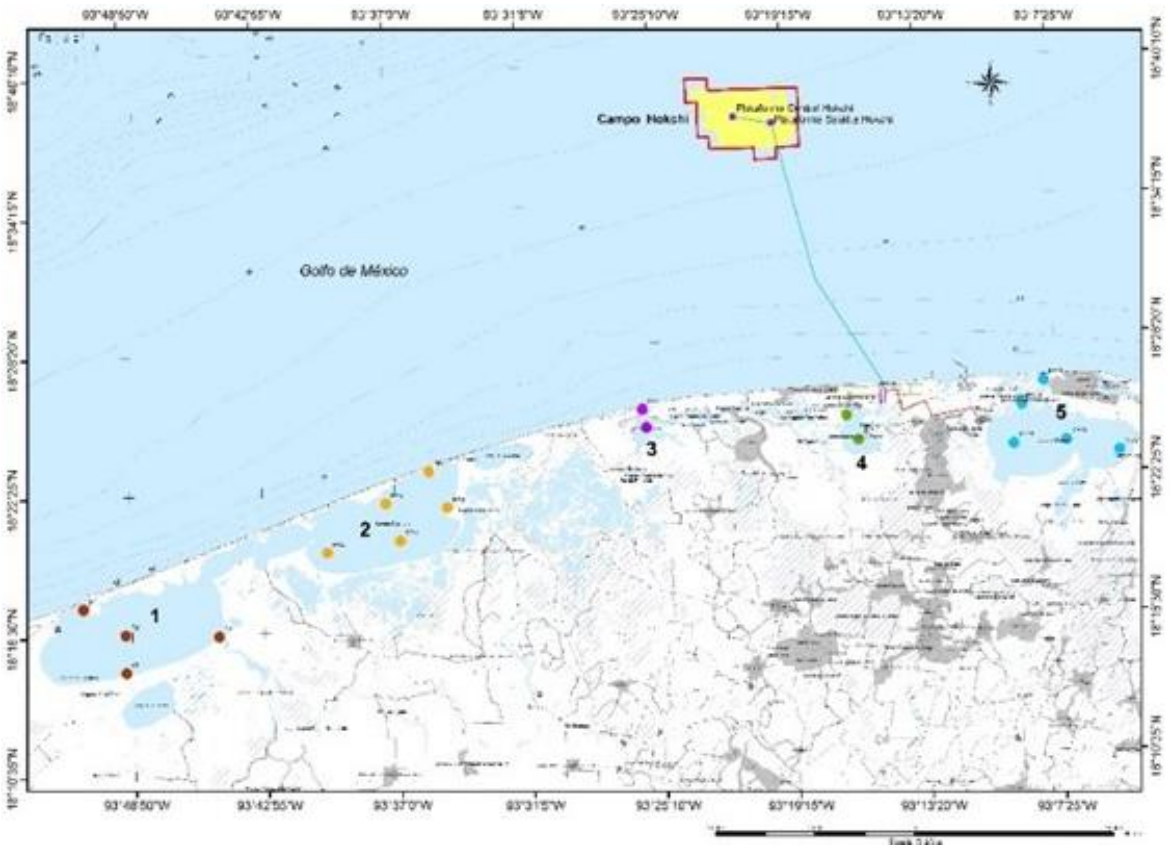


Figura IV. 57 Mapa de ubicación de puntos de muestreo del Sistema Lagunar

De esta manera durante el mes de marzo del presente año, se realizó un muestreo de agua y sedimento en los principales sistemas lagunares en que pudieran ser afectados por las actividades a llevarse a cabo por el Proyecto.

En el SAR los fenómenos que causan e influyen en el comportamiento físico, químico y biológico y sus consecuentes pautas ecológicas, son el resultado de tres características fundamentales:

El aporte de nutrientes de los ríos, la penetración de organismos por el mar y el suministro de materia orgánica por los manglares, presentando una elevada productividad potencial; al recibir un subsidio energético considerable, unido a los procesos ecológicos fundamentales en estos sistemas, la energía disponible es claramente mayor comparada con la de otros ecosistemas acuáticos, por lo tanto cualquier alteración de estos componentes resulta en la modificación de las propiedades del ecosistema (Contreras, 1991).

Representan uno de los ecosistemas de mayor potencial productivo del país (Contreras y Zavalegui, 1988). Estos sistemas manifiestan una marcada individualidad; sin embargo, están regidas por algunos factores “comunes” a todas ellas, como son la mezcla de agua dulce y marina, que da por resultado su elevada productividad primaria (Contreras, 1991). Las lagunas costeras representan un excelente hábitat de reclutamiento y crecimiento para un número significativo de especies de importancia comercial, cuyo ciclo de vida comprende fases estuarinas y marinas (De la Lanza, 1991).

En México sobresalen por sus dimensiones y productividad las lagunas el Carmen-Machona y Mecoacán en Tabasco. En el Cuadro IV.17 se presenta un resumen de las variables fisicoquímicas evaluadas en campo y analizadas en el laboratorio de 5 sistemas de lagunares.

Cuadro IV. 17 Resultados de los parámetros fisicoquímicos básicos para determinar la calidad de agua de algunos sistemas lagunares en Tabasco, México, marzo 2018.

Sistema Lagunar	ESTACIÓN	OXIGENO		pH		SALINIDAD		TEMPERATURA		TURBIEDAD		SOLIDOS SUSP.	
		SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO
Del Carmen	C1	7.44	7.33	6.5	7.9	38.3	37.9	28	28	0.45	0.4	<10	26
	C2	7.38	4.51	8	7.9	21.75	24.2	28	28	1.1	2.6	20	12
	C3	8.34	8.25	8	8.2	21.48	21.49	30	30	2.4	7.1	45	38
	C4	7.2	6.5	7.8	7.8	18.02	19.53	30	30	4.3	6.6	23	77
	Promedio	6.94	10.66	6.65	11.07	24.89	25.78	29.00	29.00	2.06	4.18	29.33	38.25
	D. Est.	3.74	13.16	3.81	12.83	9.10	17.45	13.77	13.67	11.00	18.66	23.12	39.09
	Mínimo	0.81	3.57	0.68	3.39	18.02	19.53	28.00	28.00	0.45	0.40	20.00	12.00
	Máximo	10.72	46.31	9.21	45.64	38.30	37.90	30.00	30.00	4.30	7.10	45.00	77.00
	N	9	9	9	9	4	4	4	4	4	4	3	4
Machona	MA5	7.19	7.14	8	8	2.71	2.77	29	28	16	22	39	40
	MA6	6.96	7.01	7.2	7.8	5.23	5.16	27	28	36	37	119	81
	MA7	7.64	*	8.3	*	2.96	*	28	*	28	*	50	*
	MA8	8.2	8.4	7.8	8	2.22	2.67	29	29	38	25	49	58
	MA9	7.97	7.18	8.1	8	3.36	3.3	28	28	18	20	42	49
	Promedio	7.11	10.69	7.08	11.19	3.30	3.48	28.20	28.25	27.20	26.00	59.80	57.00
	D. Est.	2.35	10.92	2.26	10.58	1.16	1.85	0.84	12.64	10.06	13.37	33.42	29.70
	Mínimo	0.81	3.57	0.68	3.39	2.22	2.67	27.00	28.00	16.00	20.00	39.00	40.00
	Máximo	10.72	46.31	9.21	45.64	5.23	5.16	29.00	29.00	38.00	37.00	119.00	81.00
	N	14	13	14	13	5	4	5	4	5	4	5	4
Tupilco	T10	6.93	*	6.7	*	**	*	28	*	13	*	15	*
	T11	7.03	6.95	7.7	7.6	**	**	31	31	29	23	30	31
	Promedio	6.98	6.95	7.20	7.60	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	29.50	31.00	21.00	23.00	22.50	31.00
	D. Est.	0.07	4.91	0.71	5.37	0.00	0.00	2.12	21.92	11.31	16.26	10.61	21.92
	Mínimo	6.93	6.95	6.70	7.60	0.00	0.00	28.00	31.00	13.00	23.00	15.00	31.00
	Máximo	7.03	6.95	7.70	7.60	0.00	0.00	31.00	31.00	29.00	23.00	30.00	31.00
	N	2	1	2	1	0	0	2	1	2	1	2	1
El Zorro	Z12	8.32	7.45	8.1	8.1	**	**	27	27	16	18	22	21
	Z13	7.62	7.45	8.2	8.2	**	**	27	27	18	22	28	31
	Promedio	7.97	7.45	8.15	8.15	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	27.00	27.00	17.00	20.00	25.00	26.00
	D. Est.	0.49	0.00	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	1.41	2.83	4.24	7.07
	Mínimo	7.62	7.45	8.10	8.10	0.00	0.00	27.00	27.00	16.00	18.00	22.00	21.00
	Máximo	8.32	7.45	8.20	8.20	0.00	0.00	27.00	27.00	18.00	22.00	28.00	31.00
	N	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2
Mecoacán	ME14	8.31	8.44	8.1	8.1	30.9	33.3	26	26	8	21	69	124
	ME15	7.07	6.96	6.6	6.7	20.65	19.94	28	29	4	6.5	25	34
	ME16	7.07	6.64	6.9	6.8	14.16	14.37	27	29	7	13	31	29
	ME17	6.89	*	7.4	*	9.92	*	27	*	7	*	26	*
	ME18	8.64	8.8	8.1	8.1	30.9	35.9	25	26	12	24	68	124
	Promedio	7.60	7.71	7.42	7.43	21.31	25.88	26.60	27.50	7.60	16.13	43.80	77.75
	D. Est.	0.81	3.57	0.68	3.39	9.56	14.65	1.14	12.39	2.88	9.95	22.66	57.89
	Mínimo	6.89	6.64	6.60	6.70	9.92	14.37	25.00	26.00	4.00	6.50	25.00	29.00
	Máximo	8.64	8.80	8.10	8.10	30.90	35.90	28.00	29.00	12.00	24.00	69.00	124.00
	N	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
	* no se tomó muestra			SUP.= Nivel de superficie		UNT = unidad nefelométrica de turbidez							
	** <2 partes por mil			FDO.= Fondo									

El Zorro o L. Grande de las Flores

También se incluye una representa gráfica de la distribución temporal y espacial de las concentraciones reportadas producto del muestreo en cada sistema lagunar, además y, dependiendo del parámetro en cuestión; es importante mencionar que para el presente reporte se basó en los mismos criterios utilizados por el entonces INE (Instituto Nacional de Ecología del 2007) en su amplio estudio sobre “La calidad del agua en los ecosistemas costeros de México” en donde se hace una comparación, en primer lugar con la NOM-001(19969, Criterios ecológicos de la Calidad del Agua (1989) y Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas (1973) establecidos y vigente por las autoridades ambientales mexicanas.

En el caso de que los parámetros no se encuentren incluidos por no existir un marco normativo en cuestión, se consultó las referencias bibliográficas de estudios precedentes dentro del área o sistemas similares o equivalentes a nivel nacional e internacional, de esta manera para:

Salinidad

Es una propiedad conservativa y sus variaciones en los sistemas lagunares se deben principalmente al influjo de ríos, lluvias o evaporación, respecto a éste parámetro se decidió analizar el sistema lagunar Carmen- Machona de forma separada, la sección Occidental (W) de la laguna identificada como El Carmen, de la parte Oriental (E) identificada como Machona, debido al siguiente comportamiento de los datos:

En la sección El Carmen el promedio en superficie fue de 24.89 ppmil con intervalos entre 18.02 a 38.30 ppmil; en fondo las concentraciones promedio fueron de 25.78 ppmil con intervalos entre 19.53 a 37.90 ppmil. Por lo que toca a lo encontrado en la Laguna Machona los valores promedio de superficie fueron un orden de magnitud más bajos respecto al cuerpo anterior, con un promedio de 3.30 ppmil con un intervalo entre 2.22 a 5.23 ppmil, en fondo se detectó una concentración promedio de 3.48 ppmil y valores mínimo y máximo de 2.67 a 5.16 ppmil, respectivamente.

En tanto la Laguna de Tupilco como en la del Zorro (Lagua Grande de las Flores) los valores detectados en todas las estaciones reportaron valores < 2 ppmil.

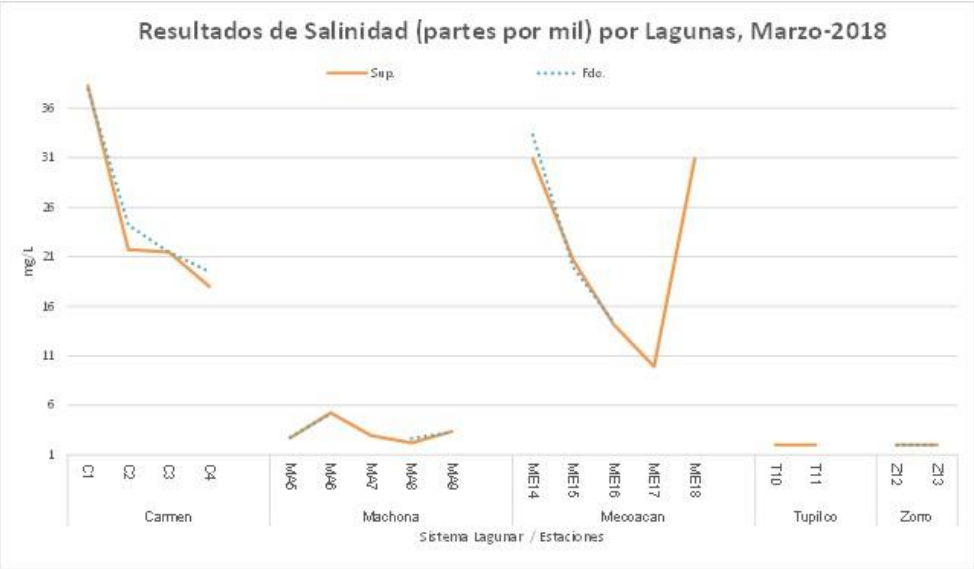


Figura IV. 58 Distribución de las estaciones de muestreo en sistemas lagunares de Tabasco, muestreados en marzo del 2018.

De acuerdo a González et al 2017, el comportamiento del sistema está fuertemente influenciado por la dinámica del mar a través de la boca (Boca Santa Ana) que conecta el sistema con el mar, el comportamiento de la salinidad encontrado en el sistema Carmen-Machona, de acuerdo con las simulaciones del autor de referencia, correspondería a la época de lluvias reportado para el año 1974, en donde la parte oriental del sistema (La Machona) presenta salinidades menores a 3.9 G/L, y la occidental, salinidades, sobre todo junto a la boca Santa Ana, de un sistema marino, Figura IV.59.

Los datos obtenidos en el muestreo de marzo del presente año presentaron éste comportamiento, en donde la Laguna el Carmen es la más salinizada de las dos por lo que podría sugerir que es un comportamiento que ya se había reportado en el sistema y por lo tanto es una condición natural de éste parámetro en ése sistema.



Figura IV. 59 Distribución de la salinidad en época de lluvias en el mes de Octubre de 1974, tomado de González et al 2017.

Por lo que respecta a las Lagunas en Tupilco y Laguna Grande de las Flores (El Zorro), tomando como ejemplo el sistema anterior, que al no tener contacto con el mar la salinidad no se ve afectada se explica bajos valores de salinidad y de igual manera representarían una condición natural del sistema.

Por su parte en la Laguna de Mecoacán los valores promedio de superficie fueron de 21.31 ppmil e intervalos entre 9.92 a 30.90 ppmil.

De éste último sistema, estudios realizados en Mecoacán por García-Cubas,1989 a lo largo del año diversos señalan amplias variaciones que difieren en las porciones oriental y occidental de la cuenca lagunar principal, relacionadas principalmente con los aportes pluviales y con el movimiento circular de las corrientes. Galaviz-Solís et al. (1987) señalan salinidades de 8 a 16 % en el invierno; para el verano la parte oriental muestra valores bajos que varían de 9 a 15 % y contrastan con los de la porción occidental de la laguna los cuales varían desde 19 hasta 28 %; para el otoño, señalan valores de 6 a 15 %.

De esta manera, lo encontrado en marzo del 2018 se ajusta razonablemente a las variaciones antes mencionadas y por lo tanto, los valores encontrados en marzo del 2018, representarían condiciones naturales del sistema que están influenciadas claramente por el reflujo de marea en el sitio próximo a la boca santa Ana y los valores más bajos del agua lagunar con influencia fluvial en las proximidades de los ríos dentro de la laguna, por su parte en las aguas sin influencia marina o fluvial (estación C2) existen intervalos entre 21 y 24 ppmil.

Potencial de hidrógeno (pH)

En el sistema lagunar Carmen-Machona se reportaron valores de superficie con medida central de 7.74 unidades de pH (UpH) dentro de un intervalo desde 6.50 a 8.30. En fondo el promedio obtenido fue de 7.95 con un intervalo entre 7.80 a 8.20 UpH.

En la laguna de Tupilco se reportaron valores promedio en superficie de 7.20 UpH con intervalos de 6.70 a 7.70 UpH; en fondo, sólo una estación fue posible determinar y el valor fue de 7.60 UpH.

Por su parte en la Laguna del Zorro los valores en superficie y fondo en ambos casos fueron los mismos en donde los valores promedio de 8.15 UpH con intervalos de 8.10 a 8.20 UpH.

El sistema Lagunar de Mecoacán en superficie promedio 7.42 UpH con 6.60 a 8.10 UpH de intervalo, en fondo el promedio fue de 7.43 UpH con un intervalo entre 6.70 a 8.10 UpH.

En la Figura IV.60 se observa en general que los valores promedio más altos se presentaron a nivel de fondos en todos los sistemas, sin embargo, cabe destacar que todos los valores reportados están dentro del rango permitido en la NOM-001-SEMARNAT-1996 para descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales , que es de 5 a 10 UpH, por lo que para este parámetro no representan ningún riesgo y sus variaciones obedecen a condiciones propias de la época climática en todos los sistemas lagunares evaluados.

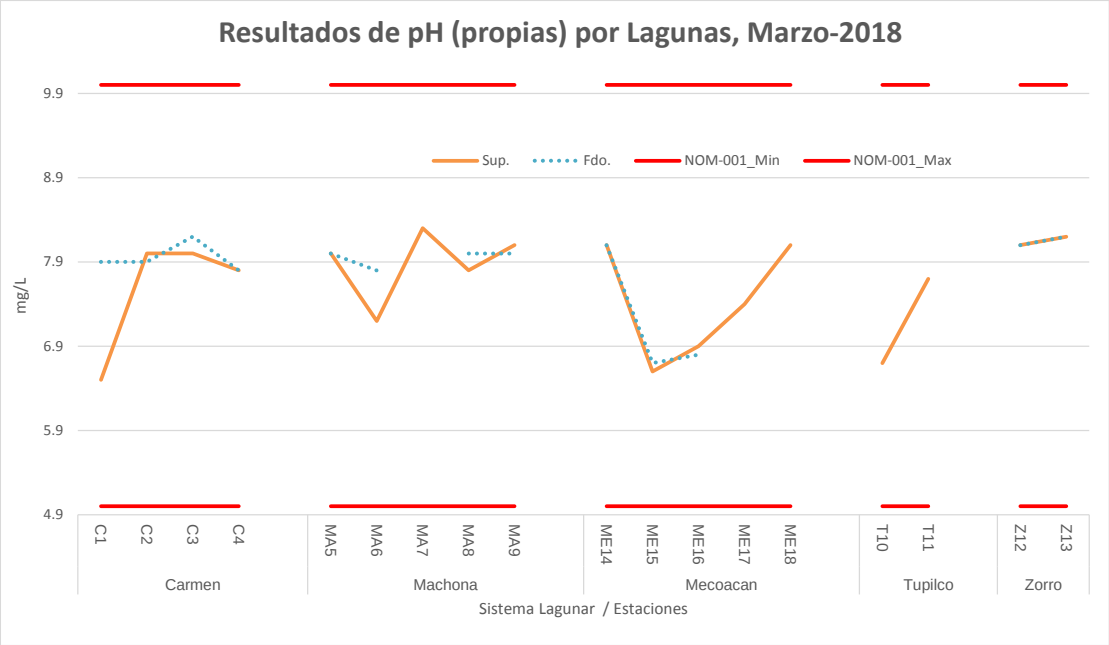


Figura IV. 60 Resultados pH (UpH) en superficie y fondo de la columna de agua, muestreados en marzo del 2018 en 5 sistemas lagunares de Tabasco.

Temperatura del agua

En la Figura IV.61 se observan los resultados de temperatura en superficie y fondo en la columna de agua muestreados en marzo del 2018 en los 5 sistemas lagunares de Tabasco.

La temperatura en el sistema Carmen-Machona a nivel de superficie presentó como medida central un promedio de 28.56 °C con intervalos entre 27 y 30 °C, por su parte, a nivel de fondo se detectó un promedio de 28.63 °C e intervalos desde 28 a 30 °C.

En el sistema Lagunar de Tupilco el promedio en superficie fue de 29.5 °C e intervalos desde 28 a 31 °C, a nivel de fondo se tiene sólo una estación que registró un valor de 31 °C.

En la laguna del Zorro, por su parte, en las dos estaciones se detectó, tanto a nivel de superficie como fondo valores estables de temperatura de 27 °C.

Finalmente en la laguna de Mecoacán, el promedio de Superficie fue de 26.60 °C e intervalos desde 25 a 28 °C, por su parte, a nivel de fondo el promedio detectado fue de 27.5 con intervalos de 26 a 29 ° C.

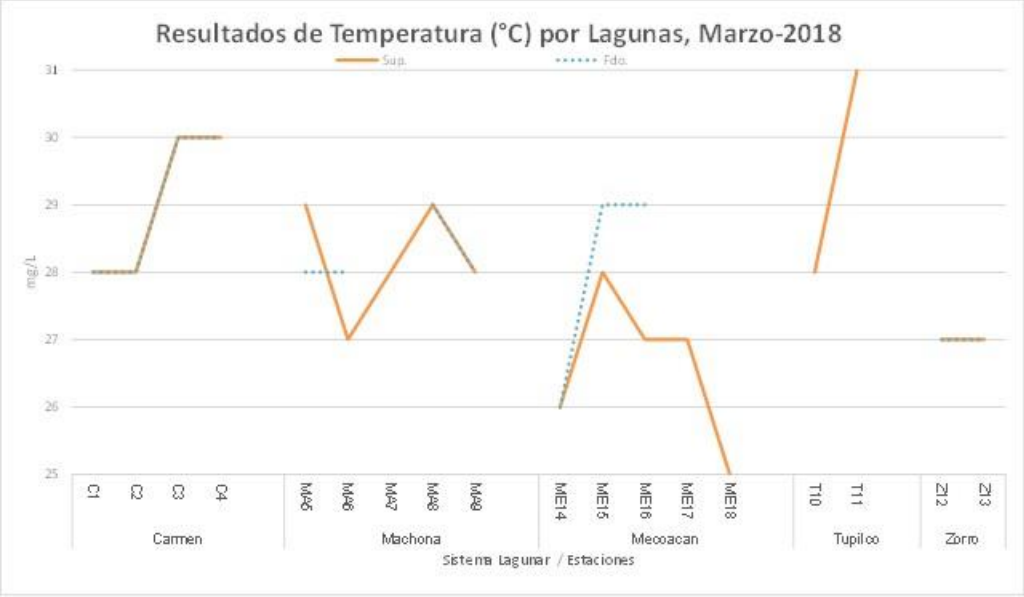


Figura IV. 61 Resultados temperatura (°C) en superficie y fondo de la columna de agua, muestreados en marzo del 2018 en 5 sistemas lagunares de Tabasco.

Para el sistema lagunar Carmen-Machona Galaviz, 1980 reportó en el agua lagunar temperaturas calidad con valores medios de 30 °C en la boca de la lagunas la temperatura varió de templada (25°C) a cálida (33°C), en el reflujo. El drenaje superficial aportó aguas cálidas en intervalos desde 29 a 33 °C, hacia la porción sur de las lagunas. La insolación y los procesos de mezcla dieron por resultado que la temperatura del agua en las áreas lagunares sin influencia fluvial o marina variará de 27 a 32° C.

Por otra parte García-Cubas, 1990 reportó en la Laguna Mecoacán, por su parte de igual manera se reportan aguas cálidas con un promedio de 28°C y una variación anual alrededor

de 7°C durante la mayor parte del año. Las temperaturas mínimas se registran en el invierno, coincidiendo con la época de "Nortes" (24-25°C) y las máximas a principios del otoño (28.5 a 32°C). CECODES 1981, reportó para el mes de marzo las temperaturas varían en el interior de las lagunas entre 28 y 28.5°C; entre 29 y 30°C para el mes de junio; entre 28.5 y 32°C en octubre y las más bajas se registran en el mes de enero, con variaciones de 23.9 a 24°C.

En conclusión, las temperaturas de todos los sistemas lagunares muestreados en marzo del 2018 siguen los patrones mencionados en la literatura especializada, con una tendencia a identificarse como aguas lagunas cálidas y su comportamiento corresponde de forma normal a la estacionalidad de secas.

Oxígeno Disuelto

Para las aguas de sistema lagunar Carmen-Machona se reportaron valores de superficie con medida central de 7.59 mg/L dentro de un intervalo desde 6.96 a 8.34 mg/L. En fondo el promedio obtenido fue de 7.04 con un intervalo entre 4.51 a 8.40 mg/L.

En la laguna de Tupilco se reportaron valores promedio en superficie más bajo de los 5 sistemas con de 6.98 mg/L con intervalos de 6.93 a 7.03 mg/L; en fondo, sólo una estación fue posible determinar y el valor fue de 6.95 mg/L.

En laguna del zorro el valor promedio más alto de todas las lagunas para superficie con 7.97 mg/L con un intervalo de 7.62 a 8.32 mg/L, por su parte, a nivel de fondo el valor representativo, por tener las mismas lecturas fue de 7.45 mg/L.

Por último el sistema lagunar de Mecoacán en superficie se encontró un promedio de 7.60 mg/L con 6.89 a 8.64 mg/L de intervalo, en fondo el promedio fue de 7.71 mg/L y un intervalos mínimo y máximo de 6.64 a 8.80 mg/L respectivamente.

En la Figura IV.62 se observa en general un comportamiento relativamente homogéneo en todos los sistemas, las mayores concentraciones a nivel de superficie, sin embargo, al considerar un límite mínimo admisible establecido en los Criterios Ecológicos de 1989 que es de 5 mg/L (para la protección de la vida acuática en agua dulce y marina) la mayoría (17 de 18 datos) está dentro del límite establecido por la autoridad ambiental mexicana y sólo uno no cumple con dicho criterios, en éste caso, dicho fenómeno se presentó en la estación C2 (4.51 mg/L) de la Laguna del Carmen a nivel de fondo.

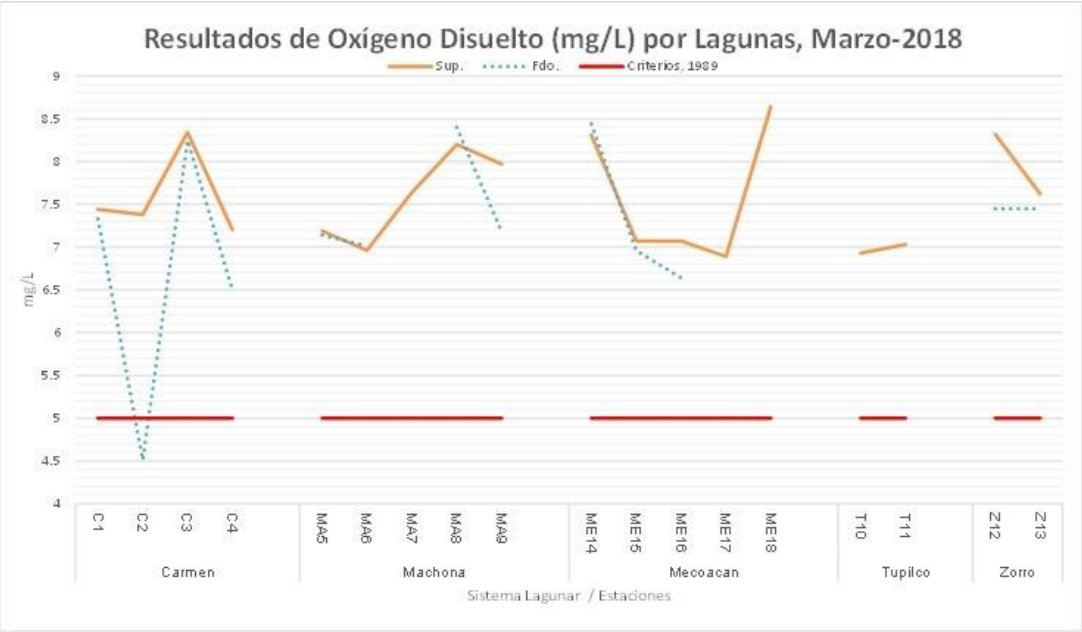


Figura IV. 62 Resultados oxígeno disuelto (mg/L) en superficie y fondo de la columna de agua, muestreados en marzo del 2018 en 5 sistemas lagunares de Tabasco.

La estación C2 se encuentra prácticamente al centro de la laguna alejada, aparentemente, de las influencias directas de la marea de la boca y de los aportes fluviales de los ríos que desembocan en ella. Por lo que el resultado de referencia refleja un fenómeno de hipoxia en ése punto (que requeriría su comparación con otras variables para explicar éste comportamiento), pero la consecuencia inmediata para esas concentraciones de oxígeno, de acuerdo a la bibliografía es la desaparición de organismos y especies sensibles.

Solidos Suspendidos Totales (SST).

En la Figura IV.63 se observan los resultados de Sólidos Suspendidos totales (SST) en superficie y fondo en la columna de agua muestreados en marzo del 2018 en los 5 sistemas lagunares de Tabasco.

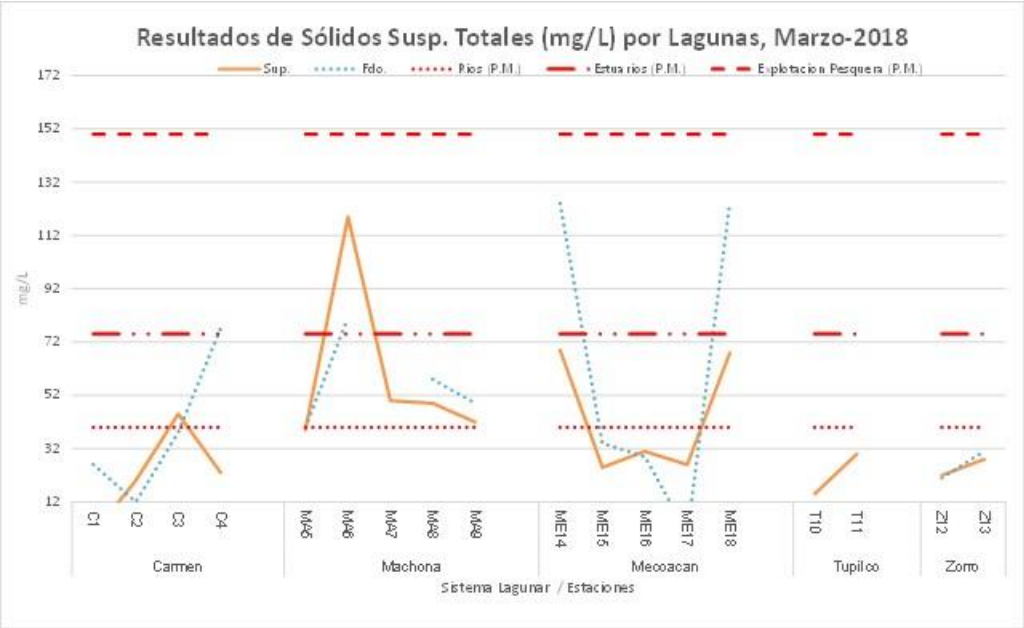


Figura IV. 63 Resultados de sólidos suspendidos totales (SST) en superficie y fondo de la columna de agua, muestreados en marzo del 2018 en 5 sistemas Lagunares de Tabasco.

Al igual que la salinidad en el sistema lagunar El carmen-machona los SST se analizaran separadamente, por sección Occidental (W) Laguna El Carmen y la parte Oriental (E) Machona, debido al siguiente comportamiento de los datos:

En la laguna del Carmen el promedio de superficie presentó valores con medida central de 29.33 mg/L e intervalos desde 20 a 45 mg/L; en fondo las concentraciones promedio fueron de 38.25 mg/L con intervalos entre 12 a 77 mg/L. Por su parte en la Laguna Machona los valores de superficie promedio fueron de 59.80 mg/L e intervalos desde 39 a 119 mg/L, en fondo se reportó un promedio de 57 mg/L, con intervalos entre 40 a 81 mg/L.

En el caso de la Laguna de Tupilco los valores fueron los siguientes; el promedio de superficie fue de 22.50 mg/L con intervalos de 15 a 30 mg/L, para el nivel de fondo se reportó solo en una estación, el valor detectado fue de 31 mg/L.

En la Laguna del Zorro, por su parte los valores promedio fueron de 25 mg/L e intervalos desde 22 a 28 mg/L, en fondo los valores promedio detectados fueron 26 mg/L con intervalos de 21 a 31 mg/L.

Por último, en la Laguna de Mecoacán se presentó a nivel de superficie un promedio de 43.80 mg/L e intervalos desde 25 a 69 mg/L, a nivel de fondo el promedio detectado fue de 77.75 mg/L con un amplio intervalo de 29 a 124 mg/L.

La figura Figura IV.63 incluye junto con los valores obtenidos en el muestreo de marzo del 2018, los límites máximos permisibles (promedio mensual) para contaminantes básicos en las descargas de agua residuales en aguas y bienes nacionales relacionados con: Protección de la vida acuática en ríos (40 mg/L) y Aguas Costeras con Estuarios (75 mg/L) y Explotación pesquera (150 mg/L), incluidos en la NOM-001-ECOL-1996.

Por lo tanto, a partir de ésta referencia podemos concluir que: los promedios de las concentraciones SST en la laguna del Carmen, Tupilco y Laguna del Zorro son los únicos sistemas lagunares con todos sus valores superficie y fondo, por abajo de todos los límites de referencia. Recordemos que en la gráfica 7.2.5.7 representa valores netos obtenidos en cada muestra, por lo que sólo algunos valores puntuales salen de éste comportamiento, por ejemplo en la estación C3 (Sup.) y C4 (Fdo.).

En este mismo orden de ideas, las lagunas Machona y Mecoacán salvo por tres estaciones (MA6, ME14 y ME18) que son > a 100 mg/L, sus valores reportados están por abajo del promedio de 75 mg/L permitido estuarios.

Finalmente ninguno de los sistemas lagunares rebasa el límite de explotación pesquera de 150 mg/L.

Por lo que se concluye para éste parámetro que los valores detectados en los sistemas lagunares evaluados que no representan un problema de contaminación en la columna de agua para el desarrollo de la vida acuática.

Turbidez

En la Figura IV.64 se observan los resultados de turbidez en superficie y fondo en la columna de agua muestreados en marzo del 2018 en los 5 sistemas lagunares de Tabasco.

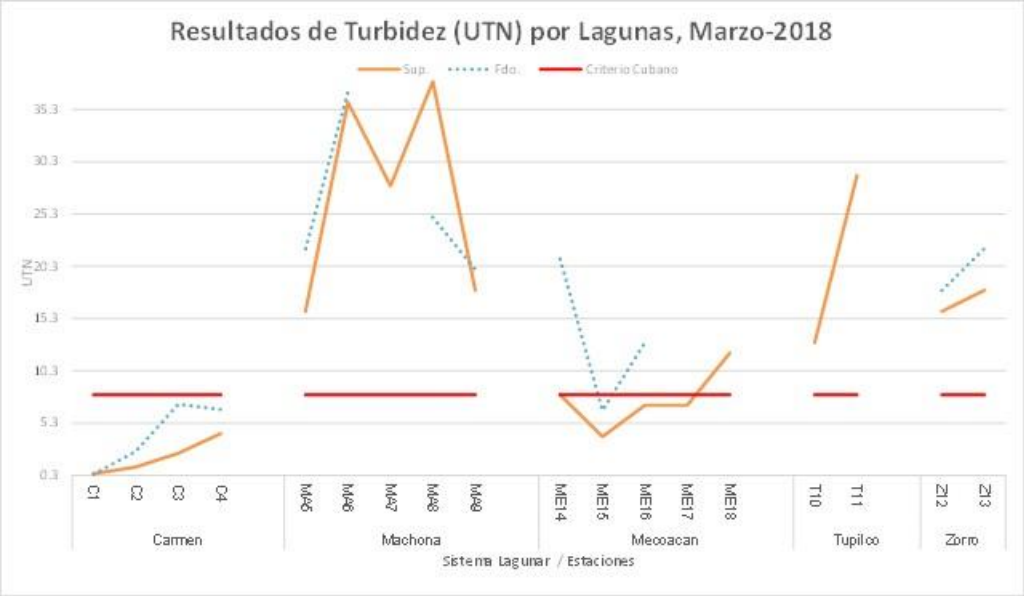


Figura IV. 64 Resultados de turbidez (UTN) en superficie y fondo de la columna de agua, muestreados en marzo del 2018 en 5 sistemas Lagunares de Tabasco.

Al igual que la salinidad y los sólidos suspendidos totales, en el sistema lagunar El carmen-machona la turbidez se analizará separadamente, por sección Occidental (W) Laguna El Carmen y la parte Oriental (E) Machona, debido al siguiente comportamiento de los datos:

En la laguna el Carmen el promedio de superficie presentó valores con medida central de 2.06 UTN e intervalos desde 0.45 a 4.30 UTN; en fondo las concentraciones promedio fueron de 4.18 UTN con intervalos entre 0.40 a 7.10 UTN. Por su parte en la Laguna Machona los valores de superficie promedio fueron de 27.20 UTN e intervalos desde 16 a 38 UTN, en fondo se reportó un promedio de 26 UTN, con intervalos entre 20 a 37 UTN.

Galaviz, 1980, identifico particularmente en el sistema lagunar El Carmen –La Machona que la turbidez del agua en la boca Santa Ana, tuviera una transparencia de hasta 2.20 m aproximadamente. Hacia el sur y el oriente (E) de la Laguna La Machona, la turbidez fue de 0.50 m.

La disminución de la transparencia, explica la referencia, fue debida a la mezcla de aguas marinas con las del interior de la Laguna y las provenientes del río Santa Ana, que son abundantes en sólidos en suspensión. Otro factor que influye significativamente en la turbidez en éste sistema es la remoción de los sedimentos finos del fondo lagunar, provocado por el oleaje del viento, lo cual incrementa la turbidez del agua reduciendo la visibilidad en un intervalo que puede ir entre 20 centímetros a un metro.

Evidentemente los resultados de la Machona son significativamente más altos que los identificados en la laguna el Carmen, esto podría ser explicado porque la profundidad en éste sistema, en promedio es menor, lo que facilita que diversos fenómenos como el oleaje provocado por los vientos que favorecen la mezcla de aguas, provocando como consecuencia la remoción de sedimentos finos.

En el caso de la Laguna de Tupilco los valores fueron los siguientes; el promedio de superficie fue de 21 con intervalos de 13 a 29 UTN, para el nivel de fondo se reportó solo en una estación, el valor detectado fue de 23 UTN.

En la Laguna del Zorro, por su parte los valores promedio fueron de 17 UTN e intervalos desde 16 a 18 UTN, en fondo los valores promedio detectados fueron 20 UTN con intervalos de 18 a 22 UTN.

Finalmente en la Laguna de Mecoacán se presentó a nivel de superficie un promedio de 7.60 UTN e intervalos desde 4 a 12 UTN, a nivel de fondo el promedio detectado fue de 16.13 UTN con un amplio intervalo de 6.5 a 24 UTN.

De acuerdo a Betanzos, et al, 2011 la turbidez presenta una relación directa con el color del agua y los sólidos totales, e inversa con la transparencia. Propone intervalos de turbidez (Cuadro IV.18.) determinados pueden ser utilizados como índices de calidad para la evaluación en aguas marinas de uso pesquero, identificando como calidad buena, los valores menores que cinco Unidad de Turbidez (NTU).

Cuadro IV. 18 Intervalos de calidad de la turbidez obtenidos en función de la transparencia, modificado de Betanzos, et al.2011.

Variable	Buena	Dudosa	Mala
Turbidez (NTU)	0-5	5-8	>8
Transparencia (%)	100-50	50-20	<20

Por lo tanto, y tomando como la debida proporción la referencia, debido a que fue determinada en agua marina de zona costera, podríamos decir que: las concentraciones de

turbidez en la laguna el Carmen es la único sistema lagunar con todos sus valores “Buenos” en superficie y fondo, en donde la turbidez es baja lo que significa que la trasparencia del agua es óptima para la penetración de la luz, le seguiría en esta escala, la Laguna de Mecoacán, en donde la mayoría de los valores de superficie son buenos y pocos de fondo se encuentran en rango “bueno”.

Finalmente las Lagunas de Tupilco, Laguna de las Flores (El Zorro) y La Machona, tanto en superficie como fondo presenta valores superiores a 8, clasificándolos como “malos” en donde la turbidez es mayor y la transparencia del agua mala, destaca de éstos últimos tres sistemas la Machona con los valores más altos de turbidez en todos los sistemas evaluados.

Nutrientes

En el Cuadro IV.19, se presentan los estadísticos de los nutrientes, para el caso del nitrógeno amoniacal los valores más bajos se presentaron en las estaciones de la Laguna el Carmen y Mecoacán y las concentraciones más altas en las estaciones de Machona, Tupilco y del Zorro, no obstante, en las cinco lagunas los valores superaron el valor máximo del intervalo reportado en los criterios de calidad del agua y de la literatura (Cuadro IV.20).

Amonio

El amonio es una forma muy común en estos ecosistemas y su permanencia es constante a lo largo del ciclo anual, en ocasiones su disminución está relacionada con una mayor actividad fotosintética o una mayor oxigenación del agua, aunque no es una regla. En general la cantidad de amonio presente en las aguas lagunares, está íntimamente relacionada con procesos biológicos de características heterotróficas, tanto en la columna de agua como en los sedimentos (Contreras et al. 1996).

Nitritos

Para el caso de los nitritos se obtuvo un comportamiento semejante al del nitrógeno amoniacal con los valores más bajos en las estaciones de la Laguna el Carmen y Mecoacán, y los más altos en Machona, Tupilco y Zorro. En toda el área de estudio los valores estuvieron por debajo de 0.024 mg/L, menores o iguales a los reportados en los criterios ecológicos de calidad del agua y a los de la literatura de 0 .02 y 0.07 mg/L respectivamente (Cuadro IV.20).

Nitratos

Con respecto a los nitratos, las concentraciones más bajas de este nutriente se dieron en las lagunas el Carmen, Machona y Mecoacán. Tupilco y el Zorro, obtuvieron valores por arriba de 0.05 mg/L. Las lagunas del Carmen, Machona y Mecoacán no rebasaron las concentraciones de los criterios ecológicos de calidad del agua y de la literatura de 0 .036 y 0.04 mg/L respectivamente (Cuadro IV.20).

Los valores promedio de los nitratos y nitritos tienden a ser más bajos comparados con los del amonio, frecuentemente los máximos se alcanzan durante la época de lluvias. Las formas nitrogenadas, la dominante es el amonio y cuya relación con respecto al nitrógeno total inorgánico va del 60 al 98 %, lo anterior tiene una fuerte relación con la presencia y dominancia con formas nanofitoplanctónicas quienes manifiestan una considerable aportación a la biomasa total del fitoplancton, ya que como se ha comprobado el

nanofitoplancton capta preferentemente nitrógeno regenerado (amonio), mientras que el microfitoplancton lo hace con formas nitrogenadas nuevas (nitratos), (Contreras et al. 1996).

Fosfatos

Los resultados en las lagunas del fósforo total y fosfatos totales fue el de obtener un comportamiento semejante al del nitrógeno amoniacal y nitritos con los valores más bajos en las estaciones de la Laguna el Carmen y Mecoacán, y los más altos en Machona, Tupilco y Zorro. Las estaciones de la Laguna Mecoacán así como dos estaciones de la laguna el Carmen en superficie y fondo mostraron valores de fósforo total por debajo del valor máximo reportado en la literatura de 0.14 mg/L. Con respecto a los fosfatos totales, todos los puntos de muestreo de las cinco lagunas estuvieron por arriba de las concentraciones reportadas en los criterios y la literatura de 0.002 y 0.034 mg/L respectivamente (Cuadro IV.20).

Las variaciones estacionales de los nutrientes son amplias. Las concentraciones más elevadas se sitúan después del período de lluvias, cuando además de los elementos autóctonos, se suman los provenientes del arrastre terrígeno originado por los ríos.

Las concentraciones mínimas se detectan después del florecimiento fitoplanctónico primaveral pero aún en estos meses los nutrientes se detectan en cantidades superiores a las disponibles en la zona marina cercana (Contreras et al. 1996).

Sílice

El silicio disuelto en el agua (Si (OH4) tiene una concentración variable (mayor en aguas continentales) y normalmente se halla en exceso con respecto al nitrógeno y al fósforo, excepto en zonas de vertidos domésticos y en grandes floraciones de diatomeas, La sílice disuelta se denomina reactiva porque responde al test colorimétrico con Molibdato, adquiriendo un típico color azul. De esta manera, los valores de sílice reactiva en las cinco lagunas obtuvieron valores en un intervalo de 0.91 y 15.32 mg/L. Las concentraciones menores se presentaron en la laguna el Carmen y Mecoacán con un valor mínimo de 0.91 mg/L en agua de superficie en el Carmen y un máximo de 10.2 mg/L en Mecoacán en agua de superficie. Por otra parte, las concentraciones más altas se dieron en Machona, Tupilco y el Zorro con un valor mínimo de 9.92 mg/L en agua de fondo en la laguna de Machona y el máximo en agua de superficie del Zorro con 15.32 mg/L. Todos los valores obtenidos están por arriba del intervalo de 0.65-3.32 mg/L de silicatos reportados en la literatura (Cuadro IV.19.).

Cuadro IV. 19 Estadísticos de los nutrientes en la columna de agua en marzo de 2018

Nutrientes (mg/L)	Nivel	Estaciones Carmen					Estaciones Machona					Estaciones Tupilco		
		min	max	prom	n	CV	min	max	prom	n	CV	min	max	n
Nit. Amoniacal	SUP	0.013	0.032	0.022	4	35.8	0.156	0.334	0.255	5	25.2	0.211	0.231	2
	FDO	0.007	0.039	0.022	4	64.1	0.181	0.214	0.201	4	7.1		0.156	1
Nitrógeno de Nitritos	SUP	0.004	0.009	0.007	4	30.5	0.010	0.021	0.014	5	31.9	0.023	0.024	2
	FDO	0.004	0.007	0.005	4	28.6	0.009	0.018	0.012	4	32.9		0.013	1
Nitrógeno de Nitratos	SUP	0.003	0.007	0.005	4	32.9	0.002	0.036	0.012	5	129.8	0.055	0.062	2
	FDO	0.003	0.006	0.004	4	37.4	0.002	0.023	0.010	4	105.8		0.069	1
Fósforo Total	SUP	0.032	0.256	0.144	4	64.2	0.340	0.413	0.364	5	8.4	0.495	0.518	2
	FDO	0.032	0.234	0.144	4	62.6	0.340	0.387	0.358	4	6.0		0.571	1
Fosfatos Totales	SUP	0.097	0.783	0.438	4	64.4	1.041	1.263	1.114	5	8.3	1.516	1.586	2
	FDO	0.098	0.717	0.440	4	62.7	1.039	1.185	1.095	4	6.1		1.748	1
Sìlice reactiva	SUP	0.910	8.450	4.988	4	62.4	10.21	13.16	11.834	5	11.5	10.80	11.83	2
	FDO	1.100	8.800	4.475	4	72.9	9.92	12.12	11.228	4	9.4		11.54	1

Continuación…

Cuadro IV.19. Estadísticos de los nutrientes en la columna de agua en marzo de 2018

Nutrientes (mg/L)	Nivel	Estaciones Zorro			Estaciones Mecoacán				
		min	max	n	min	max	prom	n	CV
Nit. Amoniacal	SUP	0.193	0.243	2	0.009	0.067	0.035	5	70.5
	FDO	0.170	0.179	2	0.018	0.023	0.021	4	11.6
Nitrógeno de Nitritos	SUP	0.014	0.017	2	0.003	0.007	0.005	5	40.0
	FDO	0.014	0.017	2	0.003	0.010	0.006	4	56.5
Nitrógeno de Nitratos	SUP	0.096	0.153	2	0.002	0.020	0.007	5	121.8
	FDO	0.083	0.145	2	0.002	0.019	0.007	4	111.6
Fósforo Total	SUP	0.525	0.560	2	0.046	0.093	0.073	5	26.4
	FDO	0.516	0.557	2	0.047	0.084	0.068	4	22.6
Fosfatos Totales	SUP	1.608	1.715	2	0.142	0.284	0.225	5	26.1
	FDO	1.579	1.706	2	0.144	0.256	0.207	4	22.4
Sìlice reactiva	SUP	11.88	15.32	2	2.860	10.22	6.788	5	51.3
	FDO	11.29	15.12	2	1.790	9.970	5.485	4	75.7

Parámetros (mg/L)	Valores Obtenidos en la campaña	Valores Reportados en la Literatura. LAGUNAS Y BAHÍAS DEL GOLFO (LB/G), Herrera-Silveira *et al.* 2004 y Contreras *et al.* 1996
Nit. Amoniacal	**Machona, Tupilco y Zorro. 100 % Por arriba del valor máximo de la literatura y de la NOM 0.01**	Valor mínimo 0.07 mg/L. Valor máximo 0.145 mg/L. Herrera-Silveira et al. 2004 NOM-001 de 0.01 mg/L
Nitritos	**Las cinco Lagunas 100% < al intervalo superior de la literatura**	Valor mínimo 0.005 mg/L. Valor máximo 0.015 mg/L Herrera-Silveira et al. 2004 0.00014-0.07 mg/L (Contreras, 1996) 0.02 mg/L (CECA, 1989) nitritos
Nitratos	**Tupilco y El Zorro. 100 % Por arriba del valor máximo de la literatura y de los criterios.**	Valor mínimo 0.015 mg/L. Valor máximo 0.098 mg/L Herrera-Silveira et al. 2004 0.04 mg/L (CECA, 1989) nitratos
Fosfatos Totales	**Las cinco Lagunas Por arriba del valor máximo de la literatura y de los criterios.**	Valor mínimo 0.07 mg/L. Valor máximo 0.14 mg/L. (Contreras, 1996) 0.002 mg/L (CECA, 1989) Fosfatos 0.005-0.034 mg/L Herrera-Silveira et al. 2004
Silicatos	**Las cinco Lagunas Por arriba del valor máximo de la literatura.**	Valor mínimo 0.65 mg/L. Valor máximo 3.32 mg/L. Herrera-Silveira et al. 2004

Cuadro IV. 20 Valores de nutrientes reportados en la literatura.

Carbono Orgánico Total

Para el caso del Carbono Orgánico Total (COT), las concentraciones más bajas de este parámetro se dieron en las lagunas el Carmen y Mecoacán y los más altos fueron para Machona, Tupilco y el Zorro. En el Cuadro IV.21 se muestran los valores promedio, mínimo y máximo así como su coeficiente de variación para cada una de las lagunas.

Este parámetro, como su propio nombre indica, es la medida del contenido total en carbono de los compuestos orgánicos presentes en las aguas. Se refiere tanto a compuestos orgánicos fijos como volátiles, naturales o sintéticos. Es la expresión más correcta del contenido orgánico total. Uno de los parámetros que indican la cantidad de materia orgánica presente en una muestra de agua; se obtiene analizando el CO_2 generado por combustión de una muestra de agua, a la que se ha eliminado previamente los compuestos inorgánicos carbonados. Las concentraciones obtenidas en las cinco lagunas en general son superiores a los valores obtenidos en el área somera del Golfo de México.

Cuadro IV. 21 Estadísticos del carbono orgánico total en la columna de agua en marzo de 2018

Carbono Orgánico Total (mg/L)	Nivel	Estaciones Carmen					Estaciones Machona					Estaciones Tupilco		
		min	max	prom	n	CV	min	max	prom	n	CV	min	max	n
COT	SUP	0.90	6.60	4.80	4	54.8	8.0	19.3	11.62	5	38.7	12.0	12.8	2
	FDO	1.10	7.10	4.95	4	53.7	8.8	11.9	10.30	4	12.4		12.1	1
Carbono Orgánico Total (mg/L)	Nivel	Estaciones Mecoacán					Estaciones Zorro							
		min	max	prom	n	CV	min	max	n					
COT	SUP	1.40	3.80	2.84	5	38.0	11.2	11.2	2					
	FDO	1.20	3.50	2.30	4	53.0	11.9	11.0	2					

Pigmentos fotosintéticos: Clorofilas a, b, c y feofitinas.

En el Cuadro IV.22 se presentan los valores estadísticos para los pigmentos fotosintéticos (Clorofilas a, b y c) y feofitinas en agua de superficie y fondo en los sitios muestreados de las lagunas.

Respecto a la clorofila a en agua superficial, los valores más altos se presentaron en la laguna Machona y en agua de fondo con valores que alcanzaron una mediana de 26.487 mg/m3 y un valor máximo de 54,535 mg/m3, para agua de superficie, el valor de la mediana fue de 17.511 mg/m3 y un valor extremo de 49.456 mg/m3. Las demás lagunas obtuvieron valores menores a 10 mg/m3. En bahías y lagunas como Celestún, Laguna Chelem y Río Lagartos de acuerdo a (Herrera-Silveira et al. 2004), el valor de la mediana para la clorofila “a” fue de 3.8 mg/m3 y el cuartil inferior y superior fue de 2.2-6.0 mg/m3, de las cinco lagunas muestreadas, el Carmen, Tupilco y el Zorro, los valores de la clorofila “a” se encontraron dentro de estos intervalos.

Para la clorofila b, los valores promedio y de la mediana en superficie y fondo en general se mostraron menores a 3.0 mg/m3, a excepción de un valor extremo de 5.159 mg/m3 en agua superficial de la laguna Machona (Cuadro IV.22). La clorofila “b” es un pigmento accesorio presente en vegetales y otras células fotosintéticas complejas; absorbe luz de una longitud de onda diferente y transfiere la energía a la clorofila “a”, que se encarga de transformarla en energía química, es una clorofila minoritaria en algas clorofíceas y vegetales superiores, aparentemente no se encuentra presente en las algas rojas y cafés ni en las diatomeas ni dinoflagelados (Gómez-Aguirre, 1971). Los valores registrados en esta campaña coinciden con el intervalo obtenido en Bahía San Quintín de 0.1 a 2.9 mg/m3 reportado en la literatura (Millán-Núñez, R. y S. Álvarez Borrego. 1978).

Para la clorofila c, el comportamiento en las cinco lagunas no presentó una tendencia homogénea como en el caso de la clorofila “b”. Los valores promedio y de la mediana en superficie y fondo en general fueron menores a 5.0 mg/m3, a excepción de un valor extremo de 8.681 mg/m3 en agua superficial de la laguna Machona (Cuadro IV.22). La clorofila “c” se encuentra presente en todas las algas estudiadas a la fecha (86 especies) en las dinoflageladas y criptomonadas, es también un pigmento accesorio presente en vegetales y otras células fotosintéticas complejas; absorbe luz de una longitud de onda diferente y transfiere la energía a la clorofila “a”, que se encarga de transformarla en energía química, es una clorofila minoritaria en algas clorofíceas y vegetales superiores, aparentemente no se encuentra presente en las algas rojas y cafés ni en las diatomeas ni dinoflagelados (Contreras, 1985). Los valores registrados en esta campaña coinciden con el intervalo obtenido en Estero de Punta Banda y Bahía San Quintín, reportan intervalos de 0.1-2.6 mg/m3 y de 0.2 a 10.5 mg/m3 respectivamente (Millán-Núñez, R. y S. Álvarez Borrego. 1978).

Con respecto a las feofitinas los valores promedio y de la mediana en superficie y fondo en general fueron menores a 2.0 mg/m3 en las lagunas de Tupilco, el Zorro y Mecoacán y para la laguna el Carmen menor a 4.0 mg/m3. La laguna Machona fue la que obtuvo las concentraciones mayores tanto del valor promedio, mediana, así como los máximos, con un valor máximo en agua de superficie de 20.311 mg/m3 y en agua de fondo de 14.812 mg/m3 (Cuadro IV.22).

En general la relación entre la cantidad de clorofila “a” y las feofitinas es indicadora del estado fisiológico de las poblaciones del fitoplancton, una relativa abundancia de feofitinas indica la presencia de una población en decadencia, lo cual solamente se mostró en cuatro estaciones de las cinco muestreadas en la laguna Machona. Los intervalos reportados en la literatura en lagunas costeras van de 0.0 a 11.0 mg/m3. La presencia de las feofitinas es a veces explicada en términos de decaimiento y degradación de las poblaciones fitoplanctónicas por encontrarse en una etapa avanzada de la sucesión, o bien en términos del pastoreo por zooplancton (Millán-Núñez, R. y S. Álvarez Borrego. 1978).

Cuadro IV. 22 Estadísticos de los pigmentos y feofitinas en la columna de agua en marzo de 2018

Pigmentos (mg/m3)	Nivel	Estaciones Carmen					Estaciones Machona					Estaciones Tupilco		
		min	max	prom	n	CV	min	max	prom	n	CV	min	max	n
Clorofila "a"	SUP	0,53	3,44	1,93	4	68,7	14,582	49,456	24,425	5	58,9	5,639	6,085	2
	FDO	0,98	2,84	1,91	2	68,9	10,525	54,535	29,509	4	66,1		6,724	1
Clorofila "b"	SUP	0,40	1,39	0,86	4	61,4	1,035	5,159	2,277	5	73,2	0,660	0,997	2
	FDO	0,74	2,23	1,49	2	70,9	0,158	2,250	0,950	4	106,0		1,257	1
Clorofila "c"	SUP	0,54	1,57	1,065	4	48,4	2,916	8,681	4,511	5	52,9	1,311	1,599	2
	FDO	1,30	2,94	2,12	2	54,7	2,447	7,965	4,949	4	58,6		2,078	1
Feofitinas	SUP	0,50	2,20	1,35	4	61,2	0,158	20,311	9,027	5	91,6	0,158	0,158	2
	FDO	1,10	2,80	1,95	2	61,6	0,158	14,812	5,701	4	111,7		0,16	1

Cuadro IV. 23 Estadísticos de los pigmentos y feofitinas en la columna de agua en marzo de 2018

Pigmentos (mg/m3)	Nivel	Estaciones Zorro			Estaciones Mecoacán				
		min	max	n	min	max	prom	n	CV
Clorofila "a"	SUP	4,883	5,411	2	3,046	7,868	4,907	5	43,5
	FDO	5,097	5,161	2	2,453	7,824	5,584	5	43,9
Clorofila "b"	SUP	0,984	1,152	2	0,497	1,275	0,919	5	39,6
	FDO	1,129	1,449	2	0,393	1,209	0,859	5	38,2
Clorofila "c"	SUP	0,513	1,676	2	1,315	2,430	1,783	5	23,3
	FDO	1,540	1,738	2	1,409	2,186	1,846	5	19,6
Feofitinas	SUP	0,158	0,158	2	0,158	0,158	0,158	5	26,4
	FDO	0,158	0,158	2	0,158	0,158	0,158	5	

Cuadro IV. 24 Resultados de nutrientes, carbono orgánico total y pigmentos en la columna de agua en la Boca toma en noviembre de 2017.

PARAMETROS	BT-E-43-SUPERFICIAL	BT-E-43-MEDIO	BT-E-43-FONDO	BT-E-44-SUPERFICIAL	BT-E-44-MEDIO	BT-E-44-FONDO
	2018-03-27	2018-03-27	2018-03-27	2018-03-27	2018-03-27	2018-03-27
	15:30	15:15	14:30	14:00	13:40	13:00
Pigmentos						
CH-a (mg/m3)	4,100		3,100	6,200		1,500
CH-b (mg/m3)	0,394		0,181	0,821		0,158
CH-c (mg/m3)	0,158		ND	0,158		ND
COT	ND		ND			ND
Nutrientes						
NITRATOS+NITRITOS mg/L	0,0231		0,0468	0,0097		0,0408
FOSFORO REACTIVO TOTAL (o-PO4) mg/L	0,013		0,017	0,01		0,019
SILICE TOTAL (SiO2, A PARTIR DEL Si) mg/L	1,260	1,3		1,700		3,660
ND No Detectado, NA No Aplica						

Cuadro IV. 25 Resultados de nutrientes, carbono orgánico total, pigmentos y feofitinas en la columna de agua en la Boca toma en marzo de 2018.

PARAMETROS	BT-E-43-SUPERFICIAL	BT-E-43-MEDIO	BT-E-43-FONDO	BT-E-44-SUPERFICIAL	BT-E-44-MEDIO	BT-E-44-FONDO
	2018-03-27	2018-03-27	2018-03-27	2018-03-27	2018-03-27	2018-03-27
	15:30	15:15	14:30	14:00	13:40	13:00
Pigmentos						
CH-a (mg/m3)	2,513		2,092	1,537	1,730	7,155
CH-b (mg/m3)	ND		0,271	0,252	0,224	1,758
CH-c (mg/m3)	0,882		0,870	0,404	0,719	3,761
FEOFITINAS (mg/m3)	0,577		ND	1,040	ND	ND
COT	1,099	1,131	1,374	1,412	1,204	1,228
Nutrientes						
NITRATOS (NITROGENO DE) mg/L	0,01844	0,002124	ND	ND	0,008681	0,001817
NITRITOS (NITROGENO DE) mg/L	0,018256	0,01758	0,023994	0,009512	0,009452	0,016442
FOSFORO REACTIVO TOTAL (o-PO4) mg/L	0,0244	0,0437	0,0617	0,0377	0,0728	0,0598
SILICE TOTAL (SiO2, A PARTIR DEL Si) mg/L	0,644	0,7676	1,518	1,353	1,953	2,314
ND No Detectado, NA No Aplica						

Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

Los hidrocarburos totales de petróleo no fueron detectados en las muestras de agua colectadas en las lagunas el Carmen, Machona, Coral, el Zorro y Mecoacán. El método analítico empleado para la determinación de compuestos dela fracción media fue EPA8015C 2007, con LDM de 0.0396 mg/L.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP)

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos no alcanzaron la concentración mínima detectable de acuerdo a los métodos empleados (Cuadro IV.26) en ninguna de las muestras de agua en las lagunas. En estudios llevados a cabo en la Laguna de Mecoacán se reporta la presencia de algunos HAP (acenaftileno, antraceno, Benzo(a) antraceno, Benzo(a) pireno, Benzo (g, h, i) perileno, Fenantreno, Fluoranteno, naftaleno y Pireno) en concentraciones menores a 0.15 µg/L, que son inferiores a los criterios ecológicos establecidos para la protección de la vida acuática marina.

Cuadro IV. 26 Métodos analíticos para la determinación de compuestos orgánicos en agua.

Compuesto	unidades	método	LDM
Benceno	ug/L	US EPA 8260C 2006	0.12
Etilbenceno	ug/L	US EPA 8260C 2006	0.14
Tolueno	ug/L	US EPA 8260C 2006	0.12
M+p-xileno	ug/L	US EPA 8260C 2006	0.22
O-xileno	ug/L	US EPA 8260C 2006	0.21
Acenafteno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.0000077
Acenaftileno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000738
Antraceno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000344
Benzo (a) antraceno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000113
Benzo (a) pireno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000579
Benzo (b) fluoranteno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000594
Benzo (g,h,i) perileno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000515
Benzo (k) fluoranteno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000462
Criseno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000104
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000378
Fenantreno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.0000145
Fluoranteno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000462
Fluoreno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.0000103
Indeno (1,2,3,c-d) pireno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.0000104
Naftaleno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000864
Pireno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000671

Biomarcadores del petróleo

No se identificaron compuestos biomarcadores de petróleo en las muestras de agua en las Lagunas del sistema estudiado.

Hidrocarburos monoaromáticos BTEX

Los compuestos monoaromáticos benceno, etilbenceno, xilenos y tolueno (BTEX) no se detectaron en las muestras de agua del sistema de lagunas estudiado. No se han encontrado antecedentes de medición de estos compuestos en los sistemas acuáticos de estudio.

Metales

Las muestras de agua tomadas en la superficie y fondo de las Lagunas fueron analizadas para determinar la concentración de aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobalto, cobre, cromo, estaño, hierro, mercurio, níquel, plomo, vanadio y zinc. Los resultados del laboratorio indicaron que las concentraciones de los metales son bajas, no detectables para cadmio, y con baja frecuencia de detección para el cobre (50%), mercurio (27%) y estaño (25%). Las concentraciones individuales de cada sitio de estudio se presentan en el Cuadro IV.27, mientras que la estadística descriptiva para cada laguna se resume en el Cuadro IV.28 (para las lagunas de Tupilco y el Zorro sólo se cuenta con 2 datos, por lo que se presenta únicamente el promedio).

Las concentraciones de aluminio fluctuaron de 0.002 a 1.204 mg/L con promedio de 0.340 mg/L en la superficie y 0.001-1.112 mg/L con promedio de 0.392 mg/l en el fondo, es decir mostraron una amplia variación. Las mayores concentraciones correspondieron a la laguna Machona, particularmente a los sitios MA6 y MA8. El aluminio no está contemplado en la norma mexicana NOM-001-ECOL-1996 que establece los límites máximos de metales en aguas costeras para uso de explotación pesquera, recreación y estuarios.

El arsénico presentó niveles mínimos de 0.002 mg/L, promedio de 0.003 y máximo de 0.005 mg/L, con valores similares para el fondo. La concentración superficial más alta se encontró en la Laguna el Zorro (Z12), mientras que el sitio T11, en la laguna Tupilco, mostró la concentración máxima del fondo. Ninguna de las concentraciones reportadas alcanza los límites establecidos en la NOM001-ECOL-1996, como se muestra en el Cuadro IV.27, por lo que el arsénico no representa riesgo ambiental. Buchman (2008) a través de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) publicó los criterios para evitar efectos crónicos y agudos a la vida marina en sistemas de agua dulce, que en este trabajo se tomaron con fines comparativos y con reserva para aquellos metales no incluidos en la NOM-001. Para el caso del arsénico total, el máximo valor permitido para evitar efectos crónicos es 0.15 mg/L, mientras que los efectos agudos se presentan a concentraciones iguales o superiores a 0.34 mg/L. Como se observa en el Cuadro IV.27, en ningún caso se superó alguno de los criterios de la NOAA, confirmando que no hay riesgo por arsénico en las lagunas estudiadas. En trabajos anteriores

El bario fluctuó desde 0.004 a 0.042 mg/L en la superficie y de 0.004 a 0.035 mg/L en el fondo de las lagunas. Las concentraciones más altas se observaron en la laguna de Mecoacán. El bario no está contemplado en la norma mexicana NOM-001-ECOL-1996, sin embargo, en criterios internacionales de la NOAA se especifica que el bario debe tener concentraciones menores a 0.110 mg/L para evitar efectos agudos y de 0.0039 mg/L para

evitar efectos crónicos en la vida marina. Bajo estos criterios, prácticamente todas las muestras de agua superan la concentración para evitar efectos crónicos, por lo que se sugiere vigilar las concentraciones de bario en las lagunas e identificar la fuente principal de este metal, ya que el bario es un metal poco estudiado en sistemas lagunares del sur del Golfo de México. Debido a la escasa información, los valores de bario sólo proporcionan un panorama general de sus concentraciones en los sistemas lagunares y se requiere un mayor estudio.

Las concentraciones de cobalto presentaron una mínima de 0.0002 mg/L, promedio de 0.0007 mg/L y máxima de 0.0015 mg/L. Las concentraciones más altas correspondieron a las muestras colectadas en la laguna de la Machona (sitio MA6), tanto en superficie como en el fondo. De acuerdo a los criterios de la NOAA, en ningún caso se superaron los valores de protección a la vida acuática. El cobalto se reporta con concentración de 0.00001-0.0011 mg/L en la laguna de Términos, Campeche (Botello, et al. 1996). El cobalto no está incluido en la NOM-001, y en los criterios de la NOAA se consideran valores de 0.11 mg/L y de 0.0039 mg/L para evitar efectos agudos y crónicos, respectivamente.

El cobre, elemento esencial para la vida marina, se encontró en un intervalo de concentraciones de 0.0013-0.0056 mg/L en la superficie y de 0.0027-0.0064 mg/L en el fondo. Las máximas concentraciones se observaron en la laguna de la Machona, con valores más altos en el fondo de esta laguna (promedio de 0.0053 mg/L), seguidas por la Laguna de Tupilco. En las lagunas restantes el cobre fue detectado con baja frecuencia. En todos los casos, las concentraciones del metal fueron menores a los máximos establecidos por la NOM-001 (6 mg/L). En la literatura se reporta un intervalo de concentración de cobre de 0.2-6.6 µg/L en la laguna de Términos, Campeche (Botello, et al. 1996), es decir por debajo del criterio ambiental.

Para el caso del cromo total, se encontró un mínimo de 0.0004 mg/L en la superficie y 0.0006 mg/L en el fondo, promedio de 0.0025 y0.0030 en superficie y fondo respectivamente y máximo de 0.0082 y 0.0073 mg/L para los niveles de toma de muestra mencionados. Este metal también alcanzó los valores más altos en la laguna de la Machona (promedio de 0.007 mg/L en superficie y ,0.0014 mg/L en fondo), con el máximo de todo el sistema de lagunas en el sitio MA6. Sin embargo estas concentraciones no representan riesgo ambiental ya que son inferiores a lo establecido en la NOM-001. La concentración promedio de cromo en la laguna el Carmen que reporta Botello y colaboradores (1996) fue de 9 µg/L, es decir ligeramente superior a lo encontrado en este estudio.

El estaño sólo fue encontrado en la laguna de la Machona, con el máximo tanto en superficie como fondo en el sitio MA6, como ha sido el comportamiento de varios metales. El estaño no está incluido en la NOM-001 ni en los criterios de la NOAA, por lo que no es posible establecer si estas concentraciones representan un panorama general de las concentraciones de estaño en los sistemas lagunares.

El hierro mostró un mínimo general de 0.008 mg/L (en fondo), promedio de 0.864 mg/L y máximo de 2.533 mg/L (en superficie). Los máximos también fueron encontrados en la Laguna de la Machona, sitio MA6. El hierro no está incluido en la NOM-001, y en los criterios de la NOAA se contemplan solo los efectos crónicos, para los que existe un límite de 1 mg/L. de acuerdo con este último dato, la laguna Machona superó en todos los casos dicha concentración, sugiriendo que pueden presentarse efectos crónicos debidos a este metal. En la literatura se encuentra que la concentración de hierro alcanzó niveles máximos en la

laguna de Términos (1.1-21.1 µg/L), pero no se reportan valores para otras lagunas del estado.

El mercurio se encontró en concentraciones superiores al LDM (0.000027 mg/L) en la laguna de la Machona y en C2 y C3 de la laguna el Carmen. Las mayores concentraciones (0.0003 mg/L) correspondieron a la laguna Machona, en el fondo. La NOM-001 establece un nivel máximo de 0.02 mg/L para actividades de pesquería, recreación y en estuarios, mientras que la NOAA especifica que a partir de una concentración de 0.00077 mg/L pueden presentarse efectos crónicos. En ninguno de los casos se superó algún criterio, por lo que el mercurio no representa riesgo ambiental en las lagunas del sistema analizado. Las concentraciones promedio reportadas para las lagunas el Carmen, Mecoacán y Machona son de 0.2, 0.4 y 0.3 µg/L (Botello et al., 1996), similares a las encontradas en este estudio.

Las concentraciones de níquel fluctuaron entre 0.001-0.01 mg/L con promedio de 0.004 mg/L en la superficie, y ligeramente menores en el fondo. Este metal también fue encontrado en concentraciones más altas en la laguna de la Machona (promedio de 0.007 mg/L), y las menores concentraciones en la laguna el Carmen (promedio de 0.002 mg/L). Las concentraciones de níquel son menores en todos los casos a los valores establecidos en la NOM-001 (4 mg/L) e incluso a los valores más estrictos de la NOAA (0.47 para efectos agudos y 0.052 mg/L para efectos crónicos), por lo que el níquel no representa riesgo ambiental. En la literatura se menciona que los estudios ambientales que incluyen al níquel son muy escasos y sólo se cuenta con información puntual para la Laguna Madre (10.8 µg/L) y la laguna de Términos (0.1 µg/L).

El plomo se encontró en un intervalo de concentraciones desde 0.002 hasta 0.022 mg/L, con promedio general de 0.009 mg/L. Al igual que varios de los metales antes descritos, las máximas concentraciones se observaron en la laguna de la Machona (sitio MA8), mientras que en la laguna de Mecoacán prácticamente no se detectó este metal. Las concentraciones de plomo no superaron los criterios de la NOM-001, sin embargo la NOAA es más estricta y establece un valor de 0.0025 mg/L para evitar efectos crónicos. De acuerdo a este criterio, las especies que habitan las lagunas de Machona, Tupilco y el Zorro podrían estar en riesgo de presentar efectos negativos por plomo. De estudios ambientales anteriores en las costas del Golfo de México se encontró que la concentración de plomo en el estado de Tabasco (lagunas el Carmen, Machona, Atasta y Términos) fluctuó entre 1.3-291 µg/L, es decir mayores a lo encontrado en este estudio de LB, indicando un decremento importante en las concentraciones de este metal.

El vanadio se presentó en concentraciones más elevadas en la laguna de la Machona (0.0050 mg/L), seguida por un sitio en la laguna Tupilco (0.0049 mg/L). Los menores niveles se observaron en la laguna el Carmen. El vanadio no está considerado en la NOM-001, y la NOAA establece valores para evitar efectos crónicos y agudos que no fueron alcanzados en ninguna de las muestras de agua de las lagunas.

Los niveles de zinc fluctuaron ampliamente desde 0.004 hasta 0.0606 mg/L, con los máximos en el sitio MA6 de la laguna Machona y los mínimos en la laguna el Carmen. El criterio para realizar actividades pesqueras y recreacionales establecido en la NOM-001 es de 20 mg/L, por lo que los valores de zinc en las lagunas están muy por debajo de esos criterios e incluso de los dictados por la NOAA (0.12 mg/L), por lo que este metal no representa riesgo ambiental. En la literatura se reporta que son limitados los datos sobre concentración de zinc en las costas del Golfo de México, aunque todos coinciden en que son relativamente altos (promedio de 15 µg/L) para Veracruz y menores para Tabasco

(promedio de 3.0 µg/L). Los valores encontrados en este estudio son mayores a lo reportado en la literatura.

Cuadro IV. 27 Concentración de metales en agua (mg/L) determinados en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán.

	Aluminio		Arsénico		Bario		Cobalto		Cobre		Cromo		Estaño	
Sitio	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
C1	0.002	0.001	0.0032		0.0039	0.0039	0.0009	0.001				0.0007		
C2	0.012	0.015	0.0017		0.0146	0.0119	0.0009	0.001			0.0008			
C3	0.072	0.264	0.0035		0.0162	0.0196	0.0010	0.001			0.0006	0.0014		
C4	0.061	0.345			0.0216	0.0265	0.0009	0.001		0.0057		0.0022		
MA5	0.638	0.623	0.0019		0.0208	0.0209	0.0008	0.001	0.0056	0.0061	0.0050	0.0062	0.0188	0.0160
MA6	1.204	0.97	0.0039		0.0227	0.0217	0.0015	0.001	0.0055	0.0059	0.0082	0.0073	0.0324	0.0345
MA7	0.721		0.0022		0.0210		0.0010		0.0050		0.0045		0.0156	
MA8	0.995	1.11		0.0016	0.0347	0.0305	0.0009	0.0008	0.0051	0.0064	0.0054	0.0068	0.0057	0.0094
MA9	0.657	0.72	0.0042		0.0200	0.0198	0.0007	0.0011	0.0054	0.0064	0.0048	0.0054	0.0111	0.0128
T10	0.183		0.0034		0.0259		0.0002		0.0050		0.0012			
T11	0.277	0.389	0.0026	0.0066	0.0270	0.0335	0.0007	0.0010	0.0033	0.0042	0.0015	0.0026		
Z12	0.252	0.235	0.0045	0.0016	0.0333	0.0288	0.0003	0.0002	0.0019	0.0027	0.0015	0.0019		
Z13	0.303	0.317	0.0041	0.0034	0.0229	0.0235	0.0004	0.0011	0.0034	0.0038	0.0025	0.0025		
ME14	0.182	0.265	0.0042	0.0063	0.0135	0.0093					0.0010	0.0014		
ME15	0.095	0.0885	0.0032	0.0020	0.0253	0.0247					0.0004	0.0006		
ME16	0.125	0.223	0.0034	0.0020	0.0322	0.0352		0.0004			0.0010	0.0013		
ME17	0.161		0.0029		0.0424				0.0013		0.0014			
ME18	0.185	0.312	0.0039	0.0020	0.0189		0.0002				0.0008	0.0016		
Límite máximo permisible NOM-001-ECOL-1996 (mg/L) en aguas costeras														
A			0.2						6		1			
B			0.4						6		1.5			
C			0.2						6		1			
Criterios ambientales de la NOAA (mg/L)														
D	0.75		0.34		0.11		1.5		0.013					
E	0.087		0.15		0.0039		0.003		0.009					

A: explotación pesquera; B: recreación, C: estuarios. D: concentración límite para evitar efectos agudos; E: concentración límite para evitar efectos crónicos

Cuadro IV. 28 Concentración de metales en agua (mg/L) determinados en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. Continuación

	Hierro		Mercurio		Níquel		Plomo		Vanadio		Zinc	
Sitio	sup	fondo	Sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
C1	0.0118	0.0081			0.0010	0.0002					0.0014	0.0019
C2	0.0329	0.0418			0.0017	0.0015	0.0023	0.0024	0.0006	0.0004	0.0006	0.0124
C3	0.2054	0.6022		0.0000	0.0020	0.0035	0.0024	0.0041	0.0006	0.0017	0.0016	0.0032
C4	0.1614	0.8322	0.0001	0.0000	0.0022	0.0063	0.0045	0.0090	0.0005	0.0015	0.0008	0.0237
MA 5	1.2166	1.1684	0.0001		0.0054	0.0056	0.0141	0.0136	0.0040	0.0036	0.0371	0.0330
MA 6	2.5329	1.9919	0.0001	0.0001	0.0096	0.0086	0.0165	0.0146	0.0050	0.0040	0.0499	0.0518
MA 7	1.4513		0.0003		0.0061		0.0133		0.0039		0.0413	
MA 8	1.6709	1.9408	0.0000	0.0001	0.0068	0.0079	0.0223	0.0204	0.0046	0.0051	0.0211	0.0301
MA 9	1.2882	1.3793	0.0001		0.0055	0.0067	0.0125	0.0115	0.0042	0.0039	0.0255	0.0325
T10	0.4876				0.0038		0.0062		0.0050		0.0606	
T11	0.9883	1.5663			0.0046	0.0066	0.0061	0.0069	0.0046	0.0059	0.0083	0.0089
Z12	0.6496	0.6122			0.0042	0.0059	0.0065	0.0063	0.0035	0.0031	0.0053	0.0122
Z13	0.8475	0.8509			0.0059	0.0061	0.0062	0.0066	0.0037	0.0041	0.0047	0.0046
ME 14	0.3278	0.5186			0.0024	0.0034			0.0016	0.0019	0.0010	0.0021
ME 15	0.2571	0.2230			0.0023	0.0023			0.0015	0.0013		0.0034
ME 16	0.3482	0.6451			0.0023	0.0037			0.0017	0.0022	0.0004	0.0046
ME 17	0.4125				0.0036		0.0029		0.0020		0.0111	
ME 18	0.3635	0.5783			0.0027	0.0044			0.0016	0.0024	0.0004	0.0059
Límite máximo permisible NOM-001-ECOL-1996 (mg/L)												
A			0.02		4		0.4				20	
B			0.02		4		1				20	
C			0.02		4		0.4				20	
Criterios ambientales de la NOAA (mg/L)												
D			0.0014		0.47		0.065		0.28		0.12	
E	1		0.00077		0.052		0.0025		0.019		0.12	

A: explotación pesquera; B: recreación, C: estuarios. D: concentración límite para evitar efectos agudos; E: concentración límite para evitar efectos crónicos

Cuadro IV. 29 Estadística descriptiva de la concentración de metales en agua (mg/L) en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán

	Aluminio		Arsénico		Bario		Cobalto		Cobre		Cromo		Estaño	
	sup	fondo	Sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
Sistema lagunar														
min	0.002	0.001	0.0017	0.0016	0.004	0.004	0.0002	0.0002	0.0013	0.0027	0.0004	0.0006	0.006	0.009
p25	0.090	0.223	0.0026	0.0017	0.018	0.018	0.0003	0.0008	0.0030	0.0039	0.0009	0.0013	0.008	0.010
prom	0.340	0.392	0.0033	0.0032	0.023	0.022	0.0007	0.0009	0.0042	0.0052	0.0025	0.0030	0.017	0.018
p75	0.554	0.506	0.0040	0.0041	0.027	0.028	0.0009	0.0011	0.0053	0.0062	0.0046	0.0047	0.019	0.021
max	1.204	1.112	0.0045	0.0066	0.042	0.035	0.0015	0.0013	0.0056	0.0064	0.0082	0.0073	0.032	0.035
El Carmen														
min	0.002	0.001	0.0017	0.0000	0.004	0.004	0.0009	0.0008	0.0000	0.0057	0.0006	0.0007	0.000	0.000
prom	0.037	0.156	0.0028		0.014	0.015	0.0009	0.0010		0.0057	0.0007	0.0014		
max	0.072	0.345	0.0035	0.0000	0.022	0.027	0.0010	0.0013	0.0000	0.0057	0.0008	0.0022	0.000	0.000
Machona														
min	0.638	0.623	0.0019	0.0016	0.020	0.020	0.0007	0.0008	0.0050	0.0059	0.0045	0.0054	0.006	0.009
prom	0.843	0.857	0.0030	0.0016	0.024	0.023	0.0010	0.0010	0.0053	0.0062	0.0056	0.0064	0.017	0.018
max	1.204	1.112	0.0042	0.0016	0.035	0.030	0.0015	0.0013	0.0056	0.0064	0.0082	0.0073	0.032	0.035
Cocal														
prom	0.230	0.389	0.0030	0.0066	0.026	0.033	0.0005	0.0010	0.0042	0.0042	0.0013	0.0026		
El Zorro														
prom	0.278	0.276	0.0043	0.0025	0.028	0.026	0.0003	0.0006	0.0026	0.0033	0.0020	0.0022		
Mecoacán														
min	0.095	0.089	0.0029	0.0020	0.013	0.009	0.0002	0.0004	0.0013	0.0000	0.0004	0.0006	0.000	0.000
prom	0.150	0.222	0.0035	0.0031	0.026	0.023	0.0007	0.0004	0.0013		0.0009	0.0012		
max	0.185	0.312	0.0042	0.0063	0.042	0.035	0.0015	0.0004	0.0013	0.0000	0.0014	0.0016	0.000	0.000

Cuadro IV. 30 . Estadística descriptiva de la concentración de metales en agua (mg/L) en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. Continuación

	Hierro		Mercurio		Níquel		Plomo		Vanadio		Zinc	
	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
Sistema Lagunar												
min	0.012	0.008	0.00003	0.00004	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.0004	0.0019
p25	0.244	0.519	0.00004	0.00004	0.002	0.003	0.004	0.006	0.002	0.002	0.0009	0.0034
Prom	0.736	0.864	0.00010	0.00005	0.004	0.005	0.009	0.010	0.003	0.003	0.0159	0.0153
p75	1.160	1.274	0.00008	0.00005	0.005	0.006	0.013	0.013	0.004	0.004	0.0255	0.0269
max	2.533	1.992	0.00030	0.00006	0.010	0.009	0.022	0.020	0.005	0.006	0.0606	0.0518
El Carmen												
min	0.012	0.008	0.00005	0.00004	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.0006	0.0019
prom	0.103	0.371	0.00005	0.00004	0.002	0.003	0.003	0.005	0.001	0.001	0.0011	0.0103
max	0.205	0.832	0.00005	0.00004	0.002	0.006	0.004	0.009	0.001	0.002	0.0016	0.0237
Machona												
min	1.217	1.168	0.00003	0.00005	0.005	0.006	0.013	0.012	0.004	0.004	0.0211	0.0301
prom	1.632	1.620	0.00011	0.00006	0.007	0.007	0.016	0.015	0.004	0.004	0.0350	0.0368
max	2.533	1.992	0.00030	0.00006	0.010	0.009	0.022	0.020	0.005	0.005	0.0499	0.0518
Coral												
prom	0.738	1.566			0.004	0.007	0.006	0.007	0.005	0.006	0.0345	0.0089
El Zorro												
prom	0.749	0.732			0.005	0.006	0.006	0.006	0.004	0.004	0.0050	0.0084
Mecoacan												
min	0.257	0.223			0.002	0.002	0.003	0.000	0.002	0.001	0.0004	0.0021
prom	0.342	0.491			0.003	0.003	0.003		0.002	0.002	0.0032	0.0040
max	0.413	0.645			0.004	0.004	0.003	0.000	0.002	0.002	0.0111	0.0059

El comportamiento general de los metales en agua se ejemplifica en las Figura IV.65-67. El aluminio, cobalto, cobre, cromo, estaño, hierro, mercurio, níquel y plomo presentaron las concentraciones más altas en la laguna Machona, mientras que el vanadio y zinc también presentaron los máximos valores en la laguna de Tupilco. El arsénico y bario presentaron valores altos en las lagunas Tupilco y Mecoacán.

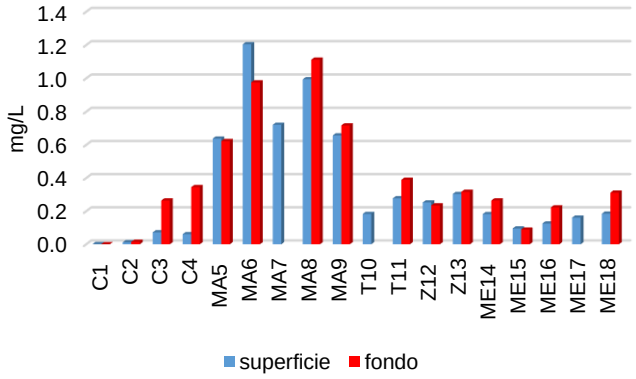


Figura IV. 65 Concentración de aluminio en agua (mg/L) en las lagunas del Carmen (C1-C4), Machona (MA5-MA9), Tupilco (T10-T11), el Zorro (Z12-Z13) y Mecoacán (ME14-ME18)

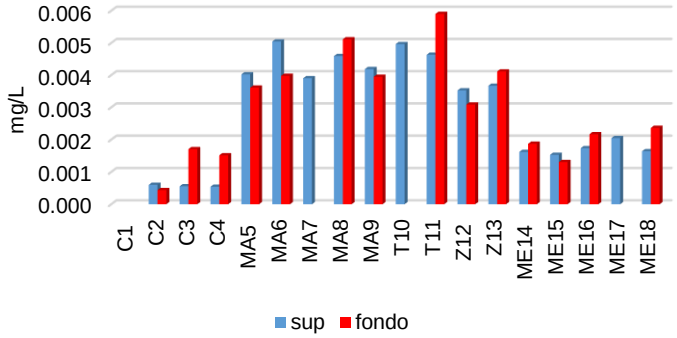


Figura IV. 66 Concentración de vanadio en agua (mg/L) en las lagunas del Carmen (C1-C4), Machona (MA5-MA9), Tupilco (T10-T11), el Zorro (Z12-Z13) y Mecoacán (ME14-ME18)

Para corroborar las diferencias descritas en el párrafo anterior, se utilizó un análisis de factores a los datos de concentración de los metales. El resultado del análisis (Figura IV.68) sugiere que las concentraciones de arsénico y cobre son gobernadas por factores físicos y químicos distintos a los metales restantes. Se requiere de una mayor investigación para poder entender estos comportamientos.

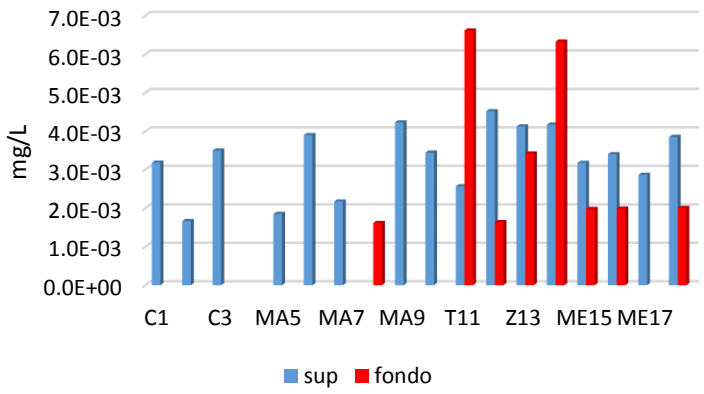


Figura IV. 67 Concentración de arsénico en agua (mg/L) en las lagunas del Carmen (C1-C4), Machona (MA5-MA9), Tupilco (T10-T11), el Zorro (Z12-Z13) y Mecoacán (ME14-ME18)

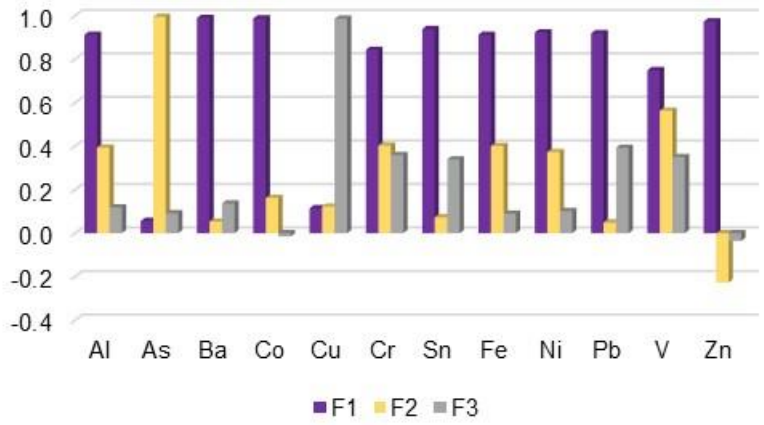


Figura IV. 68 Resultado del análisis de Factores para las concentraciones de metales en agua en las lagunas estudiadas.

Calidad del sedimento

Granulometría

Las muestras de sedimento superficial analizadas para cada sitio de estudio indicaron que la laguna el Carmen presenta dominancia de arenas (72%), seguida de la laguna de Tupilco. Las lagunas Machona y Mecoacán presentaron porcentajes semejantes de arenas y limos (cercanos al 47%), y una fracción menor de arcillas (3%). La laguna el Zorro fue la que presentó una mayor proporción de arcillas (17%). Son escasos los estudios que reporten el análisis del tamaño de grano de los sedimentos, por lo que esta información proporciona una idea general de la distribución de tamaños de granos en los sedimentos de las lagunas mencionadas. La Figura IV.69 muestra los porcentajes obtenidos para cada laguna.

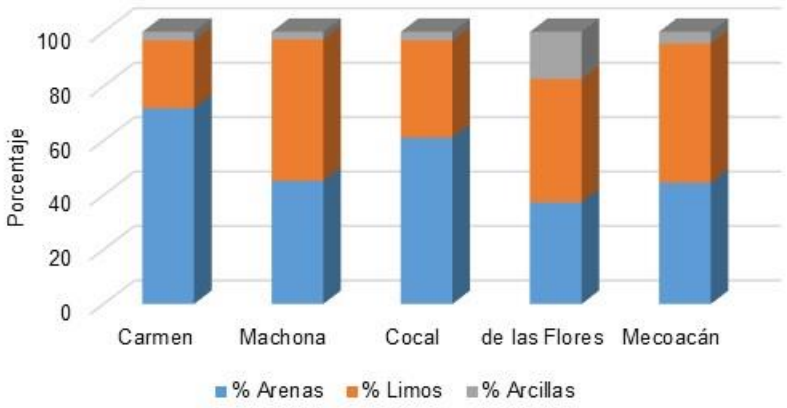


Figura IV. 69 Resultados del análisis gravimétrico del sedimento en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán.

Textura del sedimento

Con base en el análisis granulométrico, se obtuvieron las texturas sedimentarias de cada muestra por sistema Lagunar. La Figura IV.70 muestra el diagrama Ternario de la textura sedimentaria. Los sedimentos variaron primordialmente entre Arena y Limo, sólo en los sistemas de Tupilco y Zorro, el sedimento se definió como Limo Arenoso.

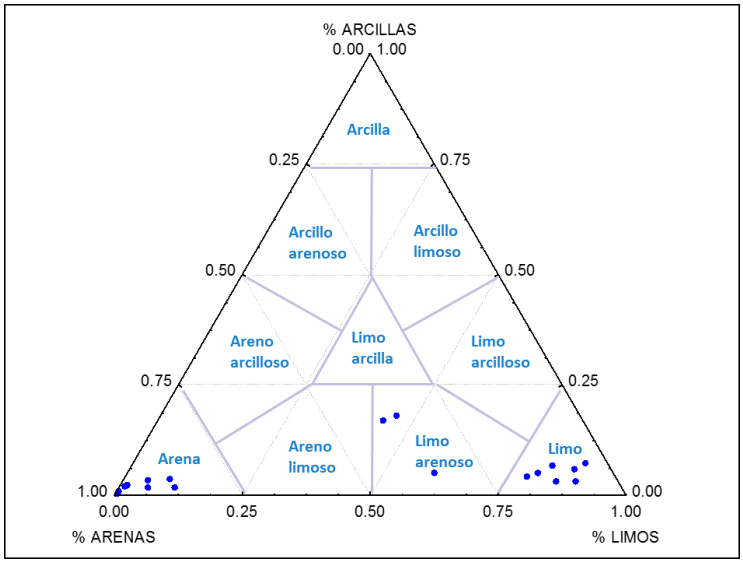


Figura IV. 70 Textura sedimentaria del sistema lagunar costero

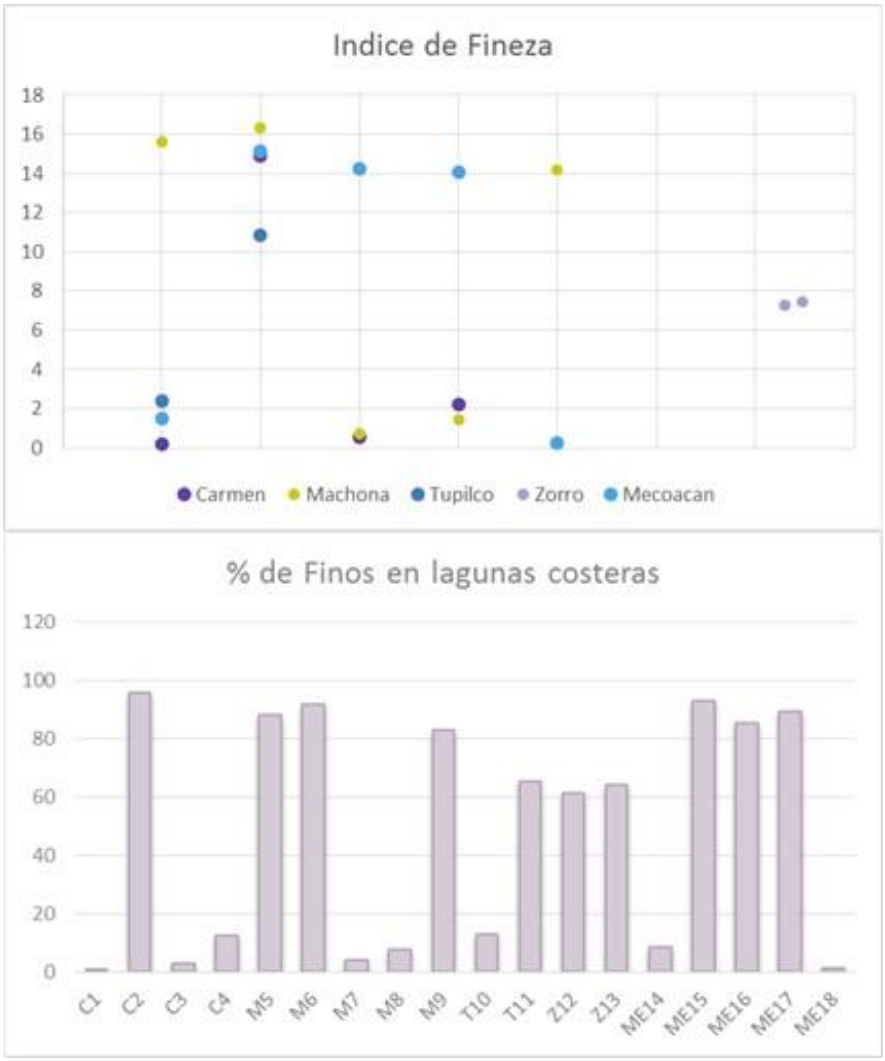


Figura IV. 71 Textura sedimentaria del sistema lagunar costero

La Figura IV.71 presenta las características de fracciones finas del sedimento de los sistemas lagunares. Los sedimentos con mayor proporción de sedimentos finos se observaron en las lagunas de Mecoacán y Machona.

Los sedimentos finos, por proporcionar mayor área de adsorción de contaminantes pueden contener mayor concentración de compuestos orgánicos contaminantes en comparación con los sedimentos Arenosos, sin embargo, los sedimentos del sistema lagunar evaluado varían entre las dos fracciones, arena y Limo, tal diferencia se relaciona con los puntos de colecta del sedimento cuya distribución textural se relaciona con la hidrodinámica y procesos de depósito de los materiales particulados.

Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

Se encontraron cantidades detectables de HTP (fracción media) en los sedimentos superficiales de tres sitios, uno en la laguna Tupilco (63.06 mg/kg) y dos en la laguna Mecoacán (38.48 mg/kg y 46.21 mg/kg). En la literatura se reporta que las concentraciones de hidrocarburos en la laguna el Carmen y Machona son de 45 ppm, mientras que para la laguna de Mecoacán se midieron en concentración de 88 ppm, sin embargo la comparación debe tomarse con reservas porque los métodos de análisis pueden diferir de un estudio a otro.

Los métodos analíticos empleados para hidrocarburos en sedimento se presentan en el Cuadro IV.31, indicando el límite de detección correspondiente.

Cuadro IV. 31 Métodos analíticos para determinación de hidrocarburos en sedimento.

Compuesto	Unidades	Método	LD
Acenafteno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0109
Acenaftileno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0159
Antraceno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0141
Benzo(a)antraceno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0086
Benzo(a)pireno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0122
Benzo(b)fluoranteno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0119
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0126
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0099
Criseno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0175
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.011
Fenantreno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0153
Fluoranteno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0136
Fluoreno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0179
Indeno(1,2,3,c-d)pireno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.014
Naftaleno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0108
Pireno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0146
Hidrocarburos fracción ligera	mg/kg	EPA 8015D-2003	3.834
Hidrocarburos fracción media	mg/kg	EPA 8015D-2003	12.34
Hidrocarburos fracción pesada	mg/kg	EPA 1664A-1996/EPA 9071B-1996	300

Mendoza (2006) Evaluó la concentración de hidrocarburos alifáticos en 23 puntos de la laguna Mecoacán en las temporadas climáticas de norte, estiaje y lluvia por cromatografía de gases, observando valores semejantes a las observaciones en esta evaluación. En la época de estiaje determinó una concentración total de alifáticos en la laguna de Mecoacán de 842.5 µg/g con una concentración promedio de 36.63 µg/g, en la época de nortes una total de 53.42 µg/g y promedio de 2.28 µg/gm y para la temporada de lluvias de 9.4 µg/g en total.

Los HAP en sedimento superficial de las lagunas estudiadas se observaron a concentraciones superiores a las mínimas detectables analíticamente. Los hidrocarburos poliaromáticos son compuestos ubicuos de origen múltiple como puede ser la combustión de carbón, emisiones de combustibles fósiles y material orgánico o combustibles fósiles frescos. En las zonas oceánicas, estos compuestos si se encuentran, suele ser a concentraciones muy bajas o nulas aunque su origen no se determine fácilmente. En las áreas costeras pueden observarse a concentraciones altas principalmente en relación a zonas contaminadas por petróleo, derrames, desechos de refinerías, petroquímicas, operaciones de embarque y descargas industriales en general así como emisiones a la atmósfera (Vives et al., 2002).

La identificación de HAP puede ser complicada ya que están sujetos a procesos de dispersión tanto atmosférica como fluvial, donde los parámetros ambientales como tamaño de partícula, corrientes, temperatura, condiciones físicas y químicas, entre otras, determinan la acumulación o dispersión de un lugar determinado.

Los criterios de calidad del sedimento para diferentes compuestos de hidrocarburos poliaromáticos, están basados en su toxicidad misma que está determinada por el peso molecular de los compuestos, aquellos de bajo peso molecular manifiestan su mayor toxicidad de manera aguda, mientras que los de alto peso molecular, siendo más liposolubles poseen potenciales carcinogénicos y mutagénicos que se manifiestan a largo plazo.

Cuadro IV. 32 Resumen los distintos criterios de calidad del sedimento a nivel internacional para sistemas de aguas salinas y salobres.

	TEL	ERL	PSDDA-SL	SQC-Crónico	SQO	LAET	T20	PEL	ERM	HAET	SQC-Agudo	SLC	T50
Sedimento (ng/g)	Criterios Agudos							Criterios crónicos					
Naphthalene	34.6	160	210	500	200	2100		391	2100	270	10500	414	
Biphenyl							17						73
Acenaphthylene	5.87	44	64		60	>560		128	640	130		47.4	
Acenaphthene	6.71	16	63	2400	50	500		88.9	500	200			
Fluorene	21.2	19	64	59	50	540		144	540	360		101	
Dibenzothiophene													
Anthracene	46.9	85.3	130	190	10	960		245	1100	1300		163	
Phenanthrene	86.7	240	320	2400	15	1500		544	1500	690	14000	368	
HAP-Bajo PM	312	552	610			5200		1442	3160	2950			
Fluoranthene	21.2	19	64	59	50	540		144	540	360		101	
Pyrene	153	665	430	850	260	2600		1398	2600	1600	49500	665	
Chrysene	108	384	670	1200	140	1400		846	2800	920	115000	384	
Benzo(a)pyrene	88.8	430	680	18000	160	1600		763	1600	360	450000	397	
Perylene							74						453
Indeno(1,2,3-cd)pyrene							68						488
Benzo(g,h,i)perylene							67						497
HAP-Alto PM	655	1700	1800			12000		6676	9600	7280			
HAP TOTALES	1684	4022						16770	44792	10230			

Fuente: MacDonald, et al., (1996)
TEL-Nivel umbral de efecto
ERL-Rango menor de efectos
PSDDA-SL, Nivel exploratorio
SQC-Crónico, Criterio crónico de calidad del sedimento
SQO-Objetivo de calidad del sedimento
PEL-Nivel de efecto probable
ERM-Rango medio de efectos
LAET-Umbral menor de efectos aparentes
HAET-Umbral alto de efectos aparentes
SQC-Agudo, criterio agudo de calidad del sedimento
SLC, Nivel de concentración exploratorio en USA

El Cuadro IV.33 presenta las concentraciones cuantificadas de cada uno de los compuestos por sistema lagunar. Observando las concentraciones de HAP totales, el mayor impacto observado por la presencia de estos compuestos fue en la Laguna Mecoacán > Tupilco > Zorro > Machona > Carmen.

Cuadro IV. 33 Concentración de HAP Individuales por laguna costera Evaluada.

Sistema		ng/g	Benzo(b)thiophene	Naphthalene	C1-Naphthalenes	C2-Naphthalenes	C3-Naphthalenes	Biphenyl	Acenaphthylene	Acenaphthene	Dibenzofuran	Fluorene	Dibenzothiophene	C1-Dibenzothiophenes	C2-Dibenzothiophenes	C3-Dibenzothiophenes	Anthracene	Phenanthrene	C1-Phenanthrenes/Anthracenes	C2-Phenanthrenes/Anthracenes	C3-Phenanthrenes/Anthracenes	HAP-BPM	Fluoranthene	Pyrene	C1-Fluoranthenes/Pyrenes	C2-Fluoranthenes/Pyrenes	Chrysene	C1-Chrysenes	C2-Chrysenes	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(e)pyrene	Benzo(a)pyrene	Perylene	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	Benzo(g,h,i)perylene	2-Methylnaphthalene	1-Methylnaphthalene	2,6-dimethylnaphthalene	1-Methylphenanthrene
		No anillos	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6			
Carmen		C1		0.5	0.39				0.2										0.12			1.21												0.37	0.32					
		C2		1.63	1.1				0.51			0.42		0.32	0.55			0.3	0.67	1.07			6.57	0.67	0.72		1.02							1.73	0.52	0.61	0.9	0.49			
		C3		0.53	0.53				0.22					0.12	0.41				0.25	1.28	1.57	1.05	5.96	0.17	0.23	0.71							0.47	0.24			0.23	0.5	0.23			
		C4		0.63	0.62				0.31	0.11	0.1	0.18	0.12	0.13	0.25				0.28	0.39			3.12	0.17	0.23										0.66	0.15	0.17	0.45	0.29			
Machona		M5	1.37	2.44	2.09				1.5	0.76	0.77	1.17	0.78	0.94	0.76	1.32		0.77	1.34	1.5		16.14	1.66	1.61	1.19					1.28	0.68	0.98	0.73	4.36	0.82	0.94	1.63	1.18			
		M6		1.59	0.82				0.42			0.31	0.29	0.26	0.76			0.28	0.76	1			6.49	0.8	0.89										1.03	0.29	0.47	0.68	0.34			
		M7		0.54	0.44				0.19					0.12	0.45				0.24				1.98	0.22	0.25										0.62	0.26	0.37	0.4	0.19			
		M8		1.15	0.85				0.39	0.15		0.33	0.3	0.29	0.54			0.23	0.68	1.3			6.21	0.96	0.83										3.62	0.46	0.72	0.64	0.28			
		M9		1.63	1.23				0.6	0.25	0.23	0.46	0.28	0.29	0.54			0.28	0.62	0.99			7.4	0.8	0.71										1.48	0.43	0.5	0.85	0.64			
Tupilco		T10		0.64	0.61				0.26									0.12	0.37	0.62			2.62	0.36	0.41										1.82	0.28	0.37	0.49	0.25			
		T11		1.37	1.17	1.57			0.51				0.31	0.41				0.35	0.83	3.07			9.59	1.32	1.39					1.36		0.88	0.5	9.98	0.65	1.13	0.79	0.65			
Zoro		Z12		0.81	0.94	1.5	1.09		0.26			0.22	0.12	0.21	0.65				0.8	1.51			8.11	0.58	0.55							0.24		1.43	0.26	0.34	0.69	0.54			
		Z13		0.74	0.87	1.19			0.34			0.22		0.17	0.44				0.63	1.06	0.92			6.58	0.43	0.39	0.42								1.6	0.15	0.24	0.6	0.44			
Mecoacán		ME14		0.54	0.55				0.22			0.14		0.14	0.42				0.36	0.67			3.04	0.21	0.27										2.33		0.19	0.41	0.28			
		ME15		1.1	1.46	2.77			0.46			0.35	0.23		0.88			0.24	1.05	1.86			10.4	0.83	0.92	1.04									3.04	0.34	0.44	0.98	0.87			
		ME16		1.51	1.58	1.84			0.62	0.26		0.53	0.37	0.39	1.07			0.29	1.14	1.74	2.35		13.69	0.87	0.79	1.13						0.36			3.06	0.36	0.47	1.09	1.03	0.55		
		ME17		1.48	1.83	3			0.7			0.46	0.29	0.29	0.93	1.83	3.06	0.26	1.07	1.92			17.12	0.96	0.98	1.57							0.8	0.51		6.03	0.59	0.63	1.25	1.16	0.42	0.48	
		ME18		2.07	2.24	5.61			1.07			0.69	0.51	0.76	2.71	8.42	16.09	0.67	2.59	3.86	6.8	8.09	62.18	4.37	4.41	5.83	10.2	4.08	4.19	6.9	3.89		3.29	3.11	45.24	3.03	3.27	1.93	1.17			

A pesar de haberse cuantificado diferentes especies de HAP, los niveles para esta temporada fueron considerablemente menores a lo que marcan los criterios de calidad del sedimento para exposición aguda o crónica, por lo que podría indicarse que los niveles de contaminación no representan un impacto significativo, sin embargo, existen estudios realizados con un esquema de muestreo de mayor cobertura espacial y temporal que destacan a la laguna Machona como un sitio de contaminación importante.

Mendoza (2006) encuentra una concentración total de HAP en temporada de estiaje de hasta 359.3 µg/g con promedio de 15.62 µg/g, en lluvias máxima de 29.93 µg/g y promedio de 1.3 µg/g y en nortes máxima de 17.83 y promedio de 0.78 µg/g.

La distribución de la contaminación en los sistemas puede estar determinada por el contenido de materiales finos del lecho sedimentario y la propia morfología de los sistemas lagunares que por su hidrodinámica pueden favorecer zonas de mayor depósito contaminante y asolvamiento.

Al igual que el presente muestreo, las concentraciones entre los HAP de alto peso molecular y de bajo peso molecular fueron relativamente proporcionales sugiriendo aportes continuos y resientes al sistema lagunar.

Es así que el sistema Lagunar representa una zona de impacto importante por la presencia de hidrocarburos poliaromáticos cuyas fuentes importantes pueden ser los aportes de aguas continentales del canal Cuxcuchapa, la presencia de la Terminal Marítima Dos Bocas, el ingreso de materiales pirolíticos por quema de campos de cultivo y en menor grado por diagnénesis de materia orgánica. Por ello es recomendable hacer monitoreo continuo del sedimento del sistema Lagunar que incluya mediciones de biodisponibilidad de los contaminantes para la determinación del riesgo ecológico y a la salud.

Biomarcadores del petróleo

No se identificaron compuestos biomarcadores de petróleo en general en el sedimento de las Lagunas, excepto en la Laguna de Mecoacán, en el punto ME18 ubicado en el área de la boca del sistema Mecoacán, en el punto de contacto del mar a la launa a la derecha de la Isla Andrés. Ahí se detectaron biomarcadores Terpanos en concentraciones de 0.63 a 3.25 ng/g (Cuadro IV.34).

Cuadro IV. 34 Biomarcadores identificados en la Laguna de Mecoacán (ME18)

BIOMARCADOR	ng/g
C26,C27-TAS	3.25
C28-TAS(20S)	2.53
C27-TAS(20R)	2.69
C28-TAS(20R)	2.63
C21-MAS	0.63
C22-MAS	0.43
C28-20S-MAS	2.46
C27-C2920S/R-MAS	2.48

Este tipo de compuestos no ha sido identificado en estudios previos y en la literatura no se reportan niveles de BMK en lagunas del Golfo de México. Los biomarcadores pueden proporcionar información acerca de: fuentes biológicas de materia orgánica sedimentaria, medios deposicionales, madurez de la materia orgánica y edad geológica. Estos compuestos son constituyentes traza y se emplean como huellas en la caracterización de petróleos ya que mantienen su estructura original de carbono desde el producto natural y testifican las condiciones de generación del petróleo, apoyan en la relación entre petróleos, identificar el tipo de materia orgánica precursora, madurez del producto, grado de degradación e identificación en el caso ambiental, del producto específico fuente (Wang et al., 2007).

La presencia de estos compuestos en el sedimento de este punto sugiere influencia de aportes históricos de las instalaciones de la Terminal Marítima de Dos Bocas que recibe para tratamiento los productos y desechos colaterales de las actividades de exploración, producción, transporte y procesamiento del petróleo como son las aguas congénitas de las operaciones en plataformas costa afuera de la Sonda de Campeche.

Metales

Las concentraciones encontradas en el sedimento de las lagunas se presentan en el Cuadro IV.72 para los 9 metales que alcanzaron concentraciones superiores a los LDM, mientras que en el Cuadro IV.73 se presenta la estadística descriptiva de los metales en cada laguna y en la totalidad de las lagunas analizadas. En las Cuadros no se presentan el mercurio y selenio ya que no fueron registrados en ninguna muestra; mientras que el estaño se midió en un solo sitio de la laguna Mecoacán; el cadmio se encontró en dos sitios de la laguna el Carmen (promediando 1.358 mg/kg). Respecto a los niveles de cadmio, Caso et al (2004) presenta concentraciones en lagunas del estado de Tabasco desde 1.3 mg/kg hasta 5.18 mg/kg, mencionando que todas ellas están por encima de la concentración para producir efectos biológicos adversos a los organismos acuáticos (Effects Range Low value, ERL). Bajo este criterio, los valores encontrados en este estudio también superan el ERL (1.2 mg/kg). Sin embargo, la información es limitada para establecer con certeza el riesgo que representan las concentraciones de cadmio en la laguna el Carmen.

El aluminio se presentó con una mínima concentración de 2318 mg/kg, promedio de 5063 mg/kg y máxima de 8124 mg/kg que correspondió a un sitio en la laguna Mecoacán. Un comportamiento similar se observó para el hierro, ambos metales presentaron el máximo en el sitio ME18 y el mínimo en el sitio ME14. Como se sabe, el hierro y aluminio son metales constitutivos y abundantes del sedimento, por lo que este es un resultado esperado.

Las concentraciones de arsénico fueron bajas, detectables únicamente en 4 sitios, dos en la laguna el Carmen (promediando 5.279 mg/kg), uno en la Machona (4.228 mg/kg) y la más alta en Mecoacán (5.934 mg/kg). El valor ERL para este metal es de 8.2 mg/kg, indicando que el arsénico no representa riesgo para la vida, en las condiciones actuales.

El bario se midió en todas las muestras de las lagunas, fluctuando de 4.22 mg/kg hasta 33.14 mg/kg. Las concentraciones máximas se encontraron en los dos sitios de la lagunas el Zorro, promediando 32.13 mg/kg. El segundo promedio más alto se observó en la laguna Machona con 13.74 mg/kg.

El cobalto presentó concentraciones con menor variación en comparación con otros metales, ya que los promedios para las 5 lagunas fluctuó de 4.58 mg/kg (Machona) a 6.06 mg/kg (El Zorro). El valor de CV (25) fue el menor de todos los metales.

Las concentraciones de cobre presentaron un mínimo de 2.06, promedio de 4.78 y máxima de 7.38 mg/kg. En promedio, las concentraciones más altas correspondieron a la laguna de Mecoacán (5.43 mg/kg). En la literatura, escasa, para las concentraciones de cobre en lagunas de Tabasco se reporta para la Machona un nivel mayor (15.697 mg/kg). Tomando en referencia el ERL para cobre (34.0 mg/kg), no existe riesgo ambiental en las condiciones determinadas en este estudio.

El nivel de cromo encontrado en las lagunas fluctuó de 7.7mg/kg (sitio ME14) hasta 30.7 mg/kg (sitio ME16), con promedio general de 19.7 mg/kg. Las concentraciones fueron variables, sin embargo en El Zorro y Tupilco se mantuvieron por encima de 21.6 mg/kg. Los resultados encontrados en este estudio son menores a lo reportado en la literatura (Caso et al., 2004) donde se indica que el cromo supera el valor de ERL (81 mg/kg) en los estados de Veracruz y Tabasco.

La laguna el Zorro presentó las concentraciones más altas de manganeso, promediando 1019.65 mg/kg. En las lagunas restantes el Carmen, Machona, Tupilco, y Mecoacán, se encontraron niveles de manganeso mucho más bajos (238.28, 279.86, 215.72 y 107.42 mg/kg, respectivamente). Este metal no cuenta con un valor ERL, por lo que no es posible establecer si las concentraciones representan algún nivel de riesgo ambiental.

El níquel alcanzó las concentraciones más elevadas (promedio de 28.81 mg/kg) en la laguna el Zorro, seguida por la laguna Mecoacán (21.43 mg/kg). La presencia de este metal se asocia al igual que el vanadio al petróleo crudo, adicionalmente, el níquel se emplea como catalizador en la refinación del petróleo. Es por esta razón que los sedimentos del Golfo de México se han identificados como ricos en este metal. En estudios previos (Caso et al., 2004) se reportan concentraciones de níquel en Mecoacán de 42 mg/kg, es decir mayores a lo encontrado en esta investigación. El valor ERL para níquel es de 20.9 mg/kg, sugiriendo que en las lagunas Machona, el Zorro y Mecoacán existe riesgo ambiental (Figura IV.72).

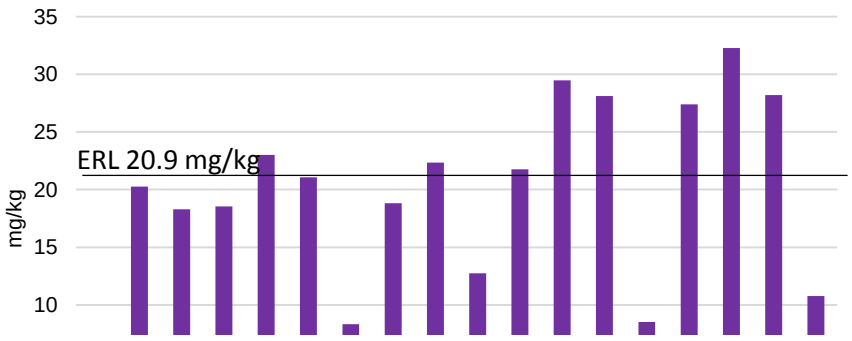


Figura IV. 72 Concentración de níquel en sedimentos de las lagunas: el Carmen (C1-C4), Machona (MA5-MA9), Tupilco (T10-T11), el Zorro (Z12-Z13) y Mecoacán (ME14-ME18). El valor ERL indica los sitios que representan un riesgo ambiental.

El plomo presentó concentraciones desde 2.1 hasta 5.96 mg/kg. Nuevamente la laguna el Zorro mostró el promedio más alto, seguido de la Machona. Sin embargo los niveles encontrados en este estudio fueron menores a lo reportado en la literatura para la laguna Mecoacán (56 mg/kg) y el sistema lagunar Machona (47.9 mg/kg) en 2004 por Caso y colaboradores, que concluyen que el nivel de plomo supera el valor de ERL (46.7 mg/kg) hasta en 150%. Esto sugiere una disminución de los niveles de este contaminante, cuya fuente principal se atribuye a la fabricación de antidetonante, y que los niveles actuales ya no representan riesgo ambiental.

Los niveles de vanadio relativamente estables (CV de 24) con máximos en las lagunas Tupilco y el Zorro (promedio de 12.38 y 9.95 mg/kg, respectivamente). No se cuenta con información sobre las concentraciones de este metal en las lagunas que comprenden este estudio, por lo que esta información proporciona una idea general de la concentración de vanadio en los sistemas lagunares. El vanadio no cuenta con un valor ERL que indique el riesgo ambiental.

Las lagunas el Zorro y Machona presentaron las concentraciones más altas de zinc, con promedio de 24.37 y 21.97 mg/kg respectivamente. En algunos reportes sobre concentraciones de este metal en sedimento del sistema lagunar Machona se incida una concentración de 137 mg/kg, es decir, mayor a lo observado en este estudio. En ninguno de los sitios se superó el valor ERL de 150 mg/kg, por lo que se infiere que no existe riesgo para la vida acuática debido a los niveles de zinc.

Cuadro IV. 35 Concentración de metales en sedimento superficial de las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán.

		Al	As.	Ba	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Laguna el Carmen	C1	2814	5.027	13.91	3.849		8.144	7559	137.9	7.11	2.884	7.457	14.01
	C2	6124	5.532	9.047	4.932	5.052	20.62	12330	271.1	20.26	5.276	10.95	28.52
	C3	3508		10.27	8.391		14.64	8616	317.9	18.29	2.096	4.195	22.02
	C4	3128		9.389	4.715		15.96	8382	226.2	18.55		10.54	19.01
Laguna Machona	MA5	7170		13.41	5.216	5.365	23.65	14900	400.5	23.01	5.956	10.63	28.3
	MA6	7349		15.44	4.818	4.264	21.85	12840	406.4	21.08	4.011	9.929	23.72
	MA7	2879	4.288	5.119	3.997		8.841	8203	126.9	8.333	2.16	8.462	14.32
	MA8	5427		22.18	4.19	4.791	19.59	10150	154.7	18.83	3.519	8.478	19.58
	MA9	5991		12.54	4.655	4.641	22.73	12030	310.8	22.34	4.334	9.377	23.94
Laguna Tupilco	T10	3247		8.487	4.608	2.353	23.56	10200	124.4	12.73	2.389	13.51	16.59
	T11	5523		10.99	5.054	6.527	21.59	11730	90.43	21.76	4.695	11.24	23.28
Laguna el Zorro	Z12	6024		33.14	6.052	3.644	25.54	13570	1150	29.49	5.078	10.24	24.8
	Z13	5784		31.12	6.076	3.808	23.41	13020	889.3	28.13	4.099	9.668	23.93
Laguna Mecoacán	ME14	2318		6.886	2.832	2.06	7.698	5519	242	8.523		5.803	8.819
	ME15	7398		10.77	6.225	5.753	25.5	14790	262.7	27.4	4.271	11.44	26.07
	ME16	8124		10.46	6.294	6.512	30.17	14930	281.5	32.29	4.819	12.46	28.87
	ME17	5937	5.934	10.73	5.121	7.383	25.98	11800	221.8	28.19	4.2	10.44	21.05
	ME18	2393		4.218	3.403		9.66	6304	70.59	10.76	2.585	7.113	11.77
Valor ERL (mg/kg)			8.2				81		20.9		46.7		150

Cuadro IV. 36 Estadística descriptiva de las concentraciones de metales en sedimento superficial en el sistema completo de lagunas y por laguna.

		Al	As	Ba	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Datos completos	min	2318	4.29	4.22	2.83	2.06	7.70	5519	70.59	7.11	2.10	4.20	8.82
	p25	3158	4.84	9.13	4.29	3.81	14.97	8441	142	14.12	2.81	8.47	17.20
	prom	5063	5.20	13.23	5.02	4.78	19.40	10937	316	19.84	3.90	9.55	21.03
	p75	6099	5.63	13.79	5.84	5.75	23.63	12975	316	26.30	4.73	10.87	24.59
	max	8124	5.93	33.14	8.39	7.38	30.17	14930	1150	32.29	5.96	13.51	28.87
	CV	38	14	60	25	33	36	27	88	39	30	24	28
Laguna el Carmen	min	2814	5.03	9.05	3.85	5.05	8.14	7559	138	7.11	2.10	4.20	14.01
	prom	3894	5.28	10.65	5.47	5.05	14.84	9222	238	16.05	3.42	8.29	20.89
	max	6124	5.53	13.91	8.39	5.05	20.62	12330	318	20.26	5.28	10.95	28.52
Laguna Machona	min	2879	4.29	5.12	4.00	4.26	8.84	8203	127	8.33	2.16	8.46	14.32
	prom	5763	4.29	13.74	4.58	4.77	19.33	11625	280	18.72	4.00	9.38	21.97
	max	7349	4.29	22.18	5.22	5.37	23.65	14900	406	23.01	5.96	10.63	28.30
Tupilco	prom	4385		9.74	4.83	4.44	22.58	10965	107	17.25	3.54	12.38	19.94
Flores	prom	5904		32.13	6.06	3.73	24.48	13295	1020	28.81	4.59	9.95	24.37
Mecoacán	min	2318	5.93	4.22	2.83	2.06	7.70	5519	71	8.52	2.59	5.80	8.82
	prom	5234	5.93	8.61	4.78	5.43	19.80	10669	216	21.43	3.97	9.45	19.32
	max	8124	5.93	10.77	6.29	7.38	30.17	14930	282	32.29	4.82	12.46	28.87

Como se sabe, los metales entran a los ecosistemas acuáticos mediante fuentes naturales y antrópicas, siendo la intemperización de la corteza terrestre, las descargas residuales urbanas e industriales y la combustión de combustibles fósiles las fuentes más importantes. La asociación entre los metales y la identificación de sus posibles fuentes se examinó mediante análisis de factores. Se tomaron los datos completos para poder contar con una base de datos lo suficientemente grande para el análisis. Los resultados indicaron 3 factores, el primero con el aluminio, hierro, plomo, zinc. Esto sugiere una fuente natural, el intemperismo de la corteza terrestre, y otra industrial que se asocia frecuentemente a la minera (Blouni et al., 2009), aunque también se pueden originar por el intemperismo de minerales como la galena (Chen et al., 2010). Para identificar con certeza las fuentes, se necesita información más detallada. El segundo Factor contiene al bario, sugiriendo una fuente petrolera, y al manganeso, que es utilizado ampliamente en la industria de los fertilizantes (Botello et al., 1996). El tercer Factor presentó al cromo, vanadio y cobalto con los valores más altos; el cromo es utilizado en numerosos procesos industriales en la petroquímica y la del acero, mientras que el vanadio también se asocia a las actividades de la industria petrolera y del cemento; las descargas urbanas parcialmente tratadas usualmente son ricas en cobalto (Figura IV.73).

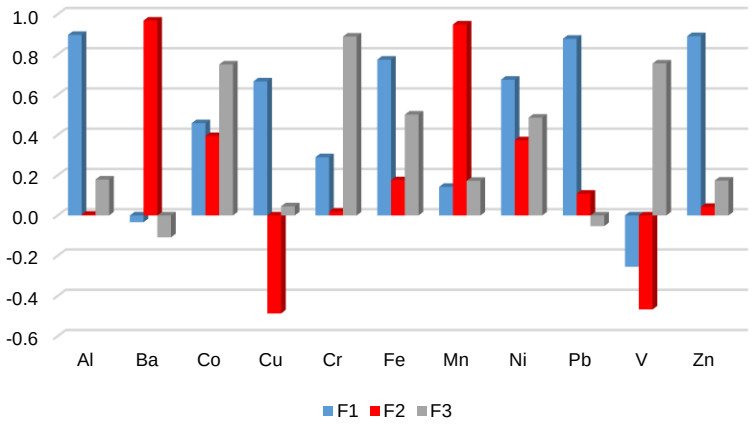


Figura IV. 73 Concentraciones de metales en sedimentos de las lagunas

Factores de Enriquecimiento (FE) e Índice de Geoacumulación (Igeo)

Los Factores de Enriquecimiento (FE) permiten inferir si existe una contribución antrópica o, por el contrario, se trata de niveles que pueden ser considerados naturales para el área de estudio, ya que el cálculo incluye la normalización de la concentración del metal tomando como referencia las características locales del sedimento. Generalmente se utiliza la concentración del hierro para realizar la normalización, ya que se trata de un elemento abundante en la corteza terrestre y sus niveles son significativamente mayores que los demás metales. La fórmula para calcular el FE es:

$$FE = \left(X_{sed}/Fe_{sed}\right) \Big/ \left(X_{cor}/Fe_{cor}\right)$$

dónde X_{sed} y Fe_{sed} son las concentraciones observadas, y X_{cor} y Fe_{cor} son las concentraciones de referencia.

Existe una clasificación de acuerdo al valor obtenido de FE, la cual indica que si el FE de un metal es menor a 1 se considera que no existe enriquecimiento, es decir, la presencia del metal en la zona de estudio es debida principalmente a procesos naturales. Sin embargo, cuando el valor del FE es mayor a 1 y a medida que se incremente, significa que la concentración del metal tiene una contribución antropogénica. Así, las categorías son(Dong et al., 2012): 1) origen natural para valores de FE < 1; 2) enriquecimiento mínimo para los casos en que 1 < FE < 3; 3) enriquecimiento moderado para valores de FE entre 3-5; 4) moderado severo para 5 ≤ FE < 10; 5) severo para 10 ≤ FE < 25; 6) muy severo para 25 ≤ FE < 50 y 7) extremadamente severo para FE ≥ 50.

Los resultados de FE para cada sitio de las lagunas indicaron que las concentraciones de aluminio, vanadio, cromo m cobre, bario y cobalto no presentan influencia significativa de las actividades humanas. Los valores de EF para níquel mostraron correspondencia con las concentraciones más altas del metal, sugiriendo que las actividades humanas tienen una contribución definitiva en los niveles de níquel en las lagunas estudiadas. El manganeso en la laguna el Zorro alcanzó los valores de FE más elevados, indicando que la contribución de fuentes antrópicas es importante en el nivel de contaminación. El arsénico sólo se detectó en 4 sitios, sin embargo en todos ellos se calcula un enriquecimiento severo bebido a las actividades humanas. El cadmio y estaño presentaron los FE más elevados que indican un enriquecimiento muy severo en las concentraciones de ambos metales (Cuadro IV.37). Por otra parte, se observa que los cuatro sitios de la laguna el Carmen presentaron enriquecimiento para algún metal (en este caso el arsénico y cadmio); en la Machona el arsénico en el punto MA7, aunque también en esta laguna se observó el único sitio (MA8) con valores de FE menores a 1 para todos los metales (indicando una dinámica considerable en la laguna). En la laguna el Zorro se encontraron los FE más altos para manganeso, mientras que en Mecoacán sobresalieron en arsénico y el estaño.

Cuadro IV. 37 Factores de Enriquecimiento (FE) de los metales en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán.

		Al	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sn	Ba	Pb	Cd
Laguna el Carmen	C1	0.16	0.26	0.39	0.69	0.73	0.45		0.95	13.30		0.16	1.10	
	C2	0.22	0.24	0.60	0.83	0.58	0.79	0.27	1.19	8.97		0.06	1.23	
	C3	0.18	0.13	0.61	1.40	1.40	1.02		1.31			0.10	0.70	29.31
	C4	0.16	0.34	0.69	1.02	0.81	1.06		1.17			0.09		28.20
Laguna Machona	MA5	0.21	0.19	0.57	1.02	0.50	0.74	0.24	0.98			0.08	1.15	
	MA6	0.25	0.21	0.61	1.20	0.54	0.79	0.22	0.95			0.10	0.90	
	MA7	0.15	0.28	0.39	0.59	0.70	0.49		0.90	10.45		0.05	0.76	
	MA8	0.23	0.22	0.69	0.58	0.59	0.89	0.31	0.99			0.19	1.00	
	MA9	0.22	0.21	0.68	0.98	0.56	0.89	0.25	1.02			0.09	1.04	
L. Tupilco	T10	0.14	0.35	0.83	0.46	0.65	0.60	0.15	0.84			0.07	0.67	
	T11	0.21	0.26	0.66	0.29	0.62	0.89	0.36	1.02			0.08	1.15	
L. Flores	Z12	0.19	0.20	0.68	3.21	0.64	1.04	0.18	0.94			0.21	1.08	
	Z13	0.19	0.20	0.65	2.59	0.67	1.04	0.19	0.95			0.20	0.91	
Laguna Mecoacán	ME14	0.18	0.28	0.50	1.66	0.74	0.74	0.24	0.82			0.11		
	ME15	0.22	0.21	0.62	0.67	0.61	0.99	0.25	0.91			0.06	0.83	
	ME16	0.24	0.22	0.73	0.71	0.61	1.04	0.29	0.99		35.39	0.06	0.93	
	ME17	0.22	0.24	0.79	0.71	0.62	1.15	0.41	0.92	10.06		0.08	1.03	
	ME18	0.17	0.30	0.55	0.42	0.78	0.82		0.96			0.06	1.18	

Del cuadro anterior, los Factores de Enriquecimiento (FE) de los metales en las lagunas el Carmen, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. Origen natural (FE < 1) color verde; enriquecimiento mínimo (1 < FE < 3) color amarillo; enriquecimiento moderado (FE entre 3-

5) color anaranjado; enriquecimiento moderado severo (5 ≤ FE < 10) color rosa; enriquecimiento severo (10 ≤ FE < 25) color rojo; enriquecimiento muy severo (25 ≤ FE < 50) color azul y enriquecimiento extremadamente severo para FE ≥ 50, en color morado.

Para complementar los resultados de FE, se calcularon también los Índices de geoacumulación (Igeo) los cuales se basan en las concentraciones de referencia de cada metal. La fórmula es la siguiente:

$$I_{geo} = log_2 \left({}^{X}/_{1.5Bn} \right)$$

dónde X es la concentración del metal, Bn es la concentración de referencia del metal y el factor 1.5 se aplica para corregir los efectos litogénicos. Al igual que el FE, el I_{geo} tiene 7 clases: si el valor I_{geo} es menor a 0 se dice que no hay contaminación; si $I_{geo} < 1$ se considera no contaminado o moderadamente contaminado; si I_{geo} tiene un valor entre 1-2, la contaminación por ese metal es moderada; si el I_{geo} es 2-3, indica contaminación moderada; si el I_{geo} alcanza valores entre 3-4 es fuertemente contaminado; para valores de I_{geo} entre 4-5 es una contaminación fuerte; entre 5-6 señala contaminación fuerte a muy fuerte; y si es mayor a 6 se considera muy contaminado.

Los resultados de I_{geo} encontrados para los metales mostraron una correspondencia con los FE, es decir, los valores más altos de ambos índices se obtuvieron para los mismos sitios. Con los valores de I_{geo} se confirma una contaminación moderada para cadmio y estaño, siendo menor a 1 para los sitios y metales restantes. El arsénico presento valores cercanos a 1, por lo que se recomienda vigilar las concentraciones de estos metales. Los valores de I_{geo} se muestran en el Cuadro IV.38.

Cuadro IV. 38 Índices de geoacumulación (Igeo) para los metales en las lagunas el, Machona, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. Igeo < 1 no contaminado o moderadamente contaminado (color verde); Igeo entre 1-2 contaminación moderada (color amarillo).

		Al	As	Ba	Cd	Co	Cu	Cr	Sn	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Laguna del Carmen	C1	0.000	0.863	0.006		0.052		0.020		0.000	0.005	0.025	0.081	0.014	0.036
	C2	0.000	0.914	0.005		0.061	0.028	0.029		0.000	0.006	0.039	0.128	0.017	0.046
	C3	0.000		0.005	1.628	0.082		0.026		0.000	0.006	0.037	0.057	0.010	0.042
	C4	0.000		0.005	1.310	0.060		0.027		0.000	0.005	0.037		0.017	0.040
Laguna Machona	MA5	0.000		0.006		0.064	0.029	0.030		0.000	0.006	0.040	0.137	0.017	0.046
	MA6	0.000		0.006		0.060	0.025	0.030		0.000	0.006	0.039	0.107	0.016	0.044
	MA7	0.000	0.778	0.004		0.053		0.021		0.000	0.005	0.027	0.059	0.015	0.037
	MA8	0.000		0.007		0.055	0.027	0.029		0.000	0.005	0.038	0.097	0.015	0.041
	MA9	0.000		0.006		0.059	0.027	0.030		0.000	0.006	0.040	0.113	0.016	0.044
L. Tupilco	T10	0.000		0.005		0.059	0.015	0.030		0.000	0.005	0.033	0.067	0.019	0.039
	T11	0.000		0.005		0.062	0.033	0.030		0.000	0.005	0.039	0.119	0.017	0.043
L. Flores	Z12	0.000		0.008		0.069	0.023	0.031		0.000	0.007	0.043	0.125	0.017	0.044
	Z13	0.000		0.008		0.069	0.023	0.030		0.000	0.007	0.043	0.109	0.016	0.044
Laguna Mecoacán	ME14	0.000		0.004		0.040	0.013	0.020		0.000	0.006	0.027		0.013	0.030
	ME15	0.000		0.005		0.070	0.031	0.031		0.000	0.006	0.042	0.112	0.017	0.045
	ME16	0.000		0.005		0.071	0.033	0.033	1.625	0.000	0.006	0.045	0.121	0.018	0.046
	ME17	0.000	0.951	0.005		0.063	0.035	0.031		0.000	0.005	0.043	0.110	0.017	0.042
	ME18	0.000		0.003		0.047		0.022		0.000	0.004	0.030	0.073	0.014	0.034

Conclusiones (metales, HC)

Las concentraciones de aluminio, cobalto, cobre, cromo, estaño, hierro, mercurio, níquel y plomo fueron más altas en la laguna Machona, mientras que el vanadio y zinc también presentaron los máximos valores en la laguna de Tupilco. El arsénico y bario presentaron un comportamiento distinto, con valores altos en las lagunas Tupilco y Mecoacán. Esto sugiere distintas fuentes de contaminación y que los factores físicos y químicos que gobiernan las concentraciones de As y Ba son distintas a los metales restantes. Sin embargo se requiere más información para llegar a conclusiones sólidas.

En sedimentos, las concentraciones más altas de metales (Al, Ba, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, V y Zn) se observaron en la laguna el Zorro, mientras que en la laguna Mecoacán se presentaron los máximos de cobre. Tomando en referencia el valor ERL, para evitar efectos

nocivos a la vida acuática, se observó que el níquel superó este criterio en algunos sitios de las lagunas Machona, el Zorro y Mecoacán.

El análisis de factores para las concentraciones de metales en sedimento indicó la presencia de fuentes tanto naturales como industriales, destacando la petroquímica, la metalúrgica, producción de fertilizantes y las descargas urbanas.

Los índices de geoacumulación y el Factor de Enriquecimiento calculados para los metales mostraron que el arsénico, estaño y cadmio tienen una contribución importante de fuentes antrópicas que elevan sus concentraciones. El níquel, plomo y zinc presentaron enriquecimiento moderado en varios sitios de las lagunas, particularmente en la el Carmen.

IV.2.2 Aspectos bióticos

a) Vegetación terrestre

Para verificar el estado de conservación de la vegetación en el SAR delimitado a lo largo de la franja costera, se llevó a cabo un muestreo de la Vegetación en puntos definidos a lo largo de la zona costera. Lo cual tuvo como finalidad la caracterización actual, así como de verificar la problemática actual a que son sometidos los ecosistemas costeros por las actividades antropogénicas como la Agricultura, ganadería y áreas de uso industrial, principalmente por la explotación del petróleo a lo largo de la costa.

De los trabajos de campo, se observa que ha habido una enorme transformación de la vegetación de las dunas costeras. Solamente quedan relictos de vegetación herbácea y matorrales en algunos sistemas de dunas, pero la vegetación de selva ha desaparecido en gran parte del SAR analizado. En 1969, West y colaboradores todavía registraron remanentes de selva en las zonas bajas del estado (Patricia Moreno-Casasola et al, inecol-SEMARNAT-CONAFOR).

La siembra de cocotales, cuyo auge económico se dio desde el siglo pasado por la producción de coprera, ocupa aún grandes extensiones. Muchos de estos cocos están siendo destruidos por la enfermedad del amarillamiento letal. Sin embargo, a pesar de esta problemática que se propaga a lo largo de las costas del Golfo de México, el uso de suelo actual en el SAR delimitado, sigue predominando la agricultura con el cultivo de cocos en toda la franja costera.

Dentro de estas actividades antrópicas, también la ganadería a lo largo de la zona costera incluyendo sobre dunas próximas a la línea de costa, ocupan grandes extensiones; así como también, las lagunas interdunarias se usan como abrevaderos para el ganado. Hacia el oeste del litoral, también pueden encontrarse jagüeyes en las zonas de menos inundación, donde aflora el agua del manto freático y forman pequeñas lagunas interdunarias artificiales.

Para describir la vegetación terrestre y acuática; así como la diversidad de especies presentes en el Sistema Ambiental Regional (SAR), Área de Influencia Directa (AID) y Área del Proyecto (AP), fue necesario el empleo de métodos como:

Métodos de muestreo de vegetación terrestre

Transectos variables

El estudio cuantitativo de la vegetación arbórea se realizó mediante el método por transectos variables de acuerdo con Foster et al (1995). Realizando un total de cuatro transectos con área de cobertura de 0,2 ha (20x100 m) a una distancia de separación entre cada uno de 20 m, trazados linealmente y de manera alternada dentro de cada polígono. Únicamente se consideraron las especies arbóreas con el sistema radicular posicionado dentro de los límites de cada transecto, en caso contrario fueron descartadas. Registrando la identidad taxonómica de cada ejemplar fue registrada, así como la altura total y el diámetro a la altura del pecho (DAP1, 30 cm).

Para las formas de vida arbustiva y herbácea (sotobosque), se emplearon transectos de tamaños variables para cada caso. Transectos de un área de 16,0 m2 (4x4 m) para las especies arbustivas y para las herbáceas el área establecida fue de 1,0 m2 (1x1m) tomando las medidas altura total y el diámetro de la copa. Para cada tipo de vegetación se calculó, la densidad, frecuencia y abundancia por especie dentro de cada polígono.

Riqueza y abundancia de especies

La riqueza específica (S) se define como la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que únicamente se basa en el número de especies presentes, sin considerar el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001). Mientras que la abundancia (cantidad de individuos), es un atributo poblacional variable en el tiempo y el espacio que se expresa en términos absolutos del tamaño poblacional (N = número de individuos en la población).

Diversidad

La diversidad de cada polígono fue estimada mediante el índice de Shannon- Wiener (Moreno et al. 2001; Alvares et al. 2004), este combina la información de la riqueza de especies y la equidad, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, además mide el grado promedio de incertidumbre, es decir; representa la probabilidad de que dos individuos seleccionados de manera al azar, puedan pertenecer a una misma especie dentro de un sistema ambiental delimitado.

Similitud

Expresa el grado en que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas. Existen muchos índices de similitud, pero el más empleado es del Jaccard y Sorensen. Estos índices son ideales para muestras incompletas de comunidades con alta riqueza, ya que dan igual peso a todas las especies sin importar su abundancia y por ende, dan importancia incluso a las especies más raras.

$$CCj = \frac{C}{S_1 + S_2 - C} = indice\ de\ Jaccard$$

$$CCj = \frac{C}{S_1 + S_2 - C} = indice\ de\ Sorensen$$

Dónde:

C=número de especies en común.

S=número de especies de la muestra.

El intervalo de valores para este índice va de 0 (cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios) hasta 1 (cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies). Para determinar los estimados, se emplearon softwares específicos para el manejo de este tipo de información; ambos para Windows.

Análisis de información de vegetación

De acuerdo a la carta de uso de suelo y vegetación serie VI del INEGI-2016, el sistema ambiental (SAR) del proyecto en la parte terrestre se encuentra ocupado por cuatro tipos principales de vegetación y/o uso de suelo: manglar, tular, agricultura y pastizal cultivado; así como pequeñas áreas desprovistas de vegetación, en la siguiente figura se muestra el SAR, en donde se indica la ubicación del proyecto marino y terrestre.



Figura IV. 74 Uso de suelos serie VI del INEGI-2016 y ubicación del Proyecto marino-terrestre.

Para conocer la estructura y composición de la vegetación, así como sus niveles de organización dentro del Sistema Ambiental para cada polígono, fue necesario evaluar sus atributos intrínsecos que la caracterizan tales como la composición taxonómica, la riqueza de especies y la distribución, las cuales en conjunto permiten obtener un panorama más general del comportamiento y estado del ecosistema.

Para corroborar esta información, se realizaron trabajos de campo, tanto para las **áreas del Predio** donde se ubicarán las instalaciones terrestres como en el **SAR**, los cuales se describe a continuación.

Caracterización de vegetación en "Áreas de las instalaciones terrestres"

Palmar cultivado

Este tipo de vegetación fue de los más representativos dentro de las áreas donde se ubicarán las instalaciones terrestres (Planta Hokchi y Estación de medición principalmente) sistema ambiental, y que de acuerdo a la carta de uso de suelo y vegetación serie VI del INEGI-2016, se encuentra considerado como zona de cultivo principalmente de cocotales (*Coco nusífera*). El cultivo de palmas de coco es una fuente importante de ingresos para los pobladores de la zona y es una actividad que a la fecha se continúa realizando.

Durante el recorrido en campo, este tipo de vegetación se encontró asociada con especies de rápido crecimiento que son característicos de tipo acahual y especies de árboles frutales como la pimienta (*Pimienta dioica*) que es aprovechada de igual manera por los habitantes de la zona.

Dentro del área donde se ubicará la Planta Hokchi, las especies más representativas fueron el cultivo de coco (*Cocos nucifera*) y escasas especies arbustivas como el icaco (*Chrysobalanus icaco*) y crucetilla (*Randia aculeata*). Las palmas de coco cubren en su mayoría del área mencionada, las cuales son una fuente de ingresos para los pobladores residentes del lugar y también funcionan como barrera física ante fenómenos climáticos.



Figura IV. 75 Palmar cultivado asociado con especias arbóreas de tipo acahual en el área del proyecto.

Pastizal cultivado e inducido:

También dentro del área donde se ubicará la Planta Hokchi principalmente por el lado oeste del predio y en el área donde se ubicará la Estación de medición con mayor cobertura, se identificaron gramíneas en menor predominancia, más predominantes y ampliamente distribuidas. Este tipo de vegetación es empleada principalmente con fines pecuarios, por ello su importancia y creciente expansión. Durante las actividades de campo se pudieron identificar dos subtipos principales de pastizales: los cultivados e inducidos.



Figura IV. 76.- Pastizal con vegetación arbórea presente dentro del polígono

Este tipo de vegetación se caracteriza principalmente por que las especies que ahí se desarrollan son de talla baja y rápido crecimiento, empleadas principalmente para actividades pecuarias. Las especies más comunes utilizadas son: grama de agua (*Panicum purpurascens*), pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y pasto arrocillo (*Echinochloa polystachya*).



Figura IV. 77 Pastizal cultivado bermuda (*Cynodon dactylon*) y pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) en el área donde se ubicará la estación de medición.

Dunas costeras

La vegetación de este tipo fue observado únicamente en los límites norte donde se ubicará la Planta Hokchi junto a la línea de costa. Las especies identificadas fueron: riñonina (*Ipomoea pes-caprae*), rompe plato blanco (*Ipomoea stolonifera*) y cenizo (*Croton punctatus*) que en su mayoría presentan formas de vida rastreras y son de tipo suculentas. Estas plantas cumplen un papel importante dentro de este tipo de ambiente, ya que se adhieren a la arena evitando la erosión del suelo por el intemperismo ocasionado por el viento y el oleaje.



Figura IV. 78 Vista panorámica en la parte norte donde se ubicará la Planta Hokchi, sobre la costa, se observan especies suculentas como: riñonina (*Ipomoea pes-caprae*) y rompe plato blanco (*Ipomoea stolonifera*).

Vegetación acuática

Se identificaron algunas especies que caracterizan las zonas bajas temporalmente inundables (hidrófilas). Dentro de las especies más comunes de este ecosistema se encuentran: popal (*Thalia geniculata*), espadaño (*Typha latifolia*), jacinto (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna minor*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) entre otras. Este tipo de ecosistema es muy cambiante dependiendo de los niveles de inundación la diversidad de especies varia de igual manera; siendo así, que en épocas de seca es más común encontrar especies como: cola de pato (*Sagittaria latifolia*), popote (*Pontederia lanceolata*), pelillo (*Leersia hexandra*) y navajuela (*Cyperus ferax*).

Durante las actividades en campo, se encontró muy escasa vegetación de este tipo, principalmente en la parte norte de donde se pretende ubicar la Estación de medición, debido a su temporalidad ambiental y que durante la época de estiaje llegan a desaparecer en su totalidad, dando paso al crecimiento de gramíneas que son usadas con fines pecuarios.

Vegetación secundaria o Acahual

Algunas de estas especies, fueron identificadas en el área donde se ubicará la Planta Hokchi, este tipo de vegetación se caracteriza por presentar una composición florística muy heterogénea y de rápido crecimiento como; el guácimo (*Guazuma ulmifolia*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), majagua (*Hampea macrocarpa*), jolotzin (*Heliocarpus donell-smithii*); así como especies de enredaderas; cundeamor (*Momordica charantia*), campanita (*Quamoclit pinnata*) por mencionar solo algunas. El rápido desarrollo de estas especies, incrementa además la competencia por el espacio con la vegetación original del sitio como se observa en la siguiente Figura.



Figura IV. 79 Vista de la vegetación secundaria de tipo acahual

La memoria fotográfica del área donde se ubicarán las instalaciones terrestres, se encuentra en el Anexo No. 5, así como el croquis de ubicación de las imágenes tomadas.

Vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

Dentro del SAR delimitado para el Proyecto se identificaron seis tipos diferentes de vegetación y/o uso de suelo en base a sus características estructurales y composición florística tanto de recorridos de campo de información publicada de fuentes como el INEGI, Conabio, entre otras.

Vegetación acuática

Esta se caracteriza por especies que habitan zonas que permanecen inundadas (hidrófilas) de manera semipermanente. Dentro de las especies más comunes de este ecosistema se encuentran: popal (*Thalia geniculata*), espadaño (*Typha latifolia*), jacinto (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna minor*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) entre otras. Este tipo de ecosistema es muy cambiante y en dependencia de los niveles de inundación la diversidad de especies varia de igual manera; siendo así, que en épocas de seca es más común encontrar especies como: cola de pato (*Sagittaria latifolia*), popote (*Pontederia lanceolata*), pelillo (*Leersia hexandra*) y navajuela (*Cyperus ferax*).

Durante las actividades en campo, este tipo de vegetación se ubicó por el lado oeste fuera de las futuras instalaciones terrestres a aproximadamente un kilómetro, donde existen zonas de mayor inundación gran parte del año. También se identificaron en menor proporción zonas bajas en el área del proyecto que durante la época de estiaje llegan a desaparecer en su totalidad, dando paso al crecimiento de gramíneas que son usadas con fines pecuarios por los pobladores de las comunidades aledañas.



Figura IV. 80 Vegetación hidrófila dentro del polígono de zonas inundables en el SAR



Figura IV. 81 Vegetación acuática en SAR fuera del predio por el lado oeste con especies hidrófilas como: espadaño (*Typha latifolia*) y pelillo (*Leersia hexandra*).

Pastizal cultivado e inducido

Dentro del sistema ambiental las gramíneas fueron las especies más predominantes y ampliamente distribuidas. Este tipo de vegetación es empleada principalmente con fines pecuarios, por ello su importancia y creciente expansión. Durante las actividades de campo se pudieron identificar dos subtipos principales de pastizales: los inducidos y pastizal arbolado.

Este tipo de vegetación se caracteriza principalmente por que las especies que ahí se desarrollan son de talla baja y rápido crecimiento, empleadas principalmente para actividades pecuarias. Las especies más comunes utilizadas son: grama de agua (*Panicum purpurascens*), pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y pasto arrocillo (*Echinochloa polystachya*).

Dentro de estas comunidades vegetales, se pudieron identificar algunas especies de arbóreas como el palo mulato (*Bursera simaruba*), cocoite (*Gliricidia sepium*), amate (*Ficus padifolia*), Macuilís (*Tabebuia rosea*); además de algunos arbustos como el guarumo (*Cecropia obtusifolia*) e icaco (*Chrysobalanus icaco*), las cuales son utilizadas como cercos vivos para delimitar los terrenos.



Figura IV. 82 Pastizal inducido asociado con palmas de coco y vegetación arbustiva

Manglar

Este tipo de vegetación se caracteriza por presentar únicamente formas de vida halófila, cuyas especies presentan un sistema radicular especial diseñado para fijarse al sustrato; además de facultarlo para resistir altas concentraciones de iones de sal. Este sistema se compone por un ambiente más homogéneo, donde solo una especie es la dominante.

Durante los trabajos de campo e información de los mapas temáticos del INEGI, se identificaron y se observaron estas comunidades vegetales (lado norte de la Laguna Grande de Las Flores) a más de 100 metros calle de por medio por el lado sur fuera de los límites del predio y a más de 600 metros de donde se ubicarán las instalaciones que manejarán hidrocarburos.

Como parte de la caracterización regional, también se muestrearon este tipo de comunidades vegetales a más de 1.5 kilómetros fuera del límite suroeste del predio a un costado de la Laguna Grande de las Flores. Así como también cercano a la Barra de Tupilco a más de 20 kilómetros hacia el este de las futuras instalaciones terrestres aproximadamente, los cuales de acuerdo a la carta de uso de suelos y vegetación serie VI del INEGI-2016, y la verificación posterior en campo, se caracterizan por presentar solamente vegetación de manglar con dominancia de mangle rojo (*Rhizophora mangle*).

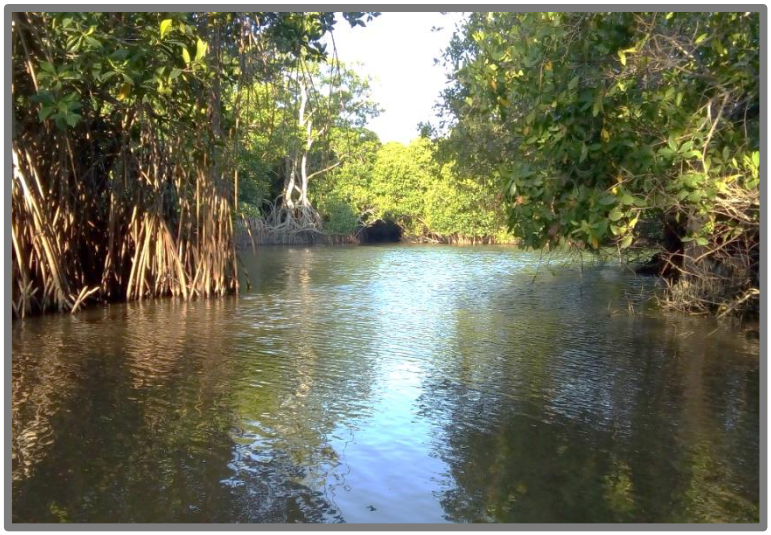


Figura IV. 83 Vista panorámica del manglar presente con mangle rojo (Rhizophora mangle) cercano a la Barra de Tupilco

Por otro lado, los mangles *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Avicennia germinans* (mangle negro), se presentaron en menor proporción y talla más alejadas de las zonas inundadas donde las concentraciones de sales son menores. Así mismo fue posible observar algunos ejemplares de la especies *Sabal mexicana*, la cual puede tolerar temporadas cortas de inundación y niveles bajos de salinidad.

A pesar de la importancia de su conservación de este tipo de ecosistemas, la tala inmoderada para la elaboración de carbón, ha llevado a la disminución de las poblaciones de especies como el mangle negro y blanco, los cuales crecen más alejados de las zonas inundables lo que permite su fácil extracción.

Sin embargo, la alta capacidad regenerativa de las poblaciones de mangle, permitieron identificar sitios con altos niveles de conservación y en proceso de recuperación ver figura siguiente.



Figura IV. 84 Especies de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en estado adulto y plántulas en crecimiento, observados en el punto de muestreo a más de 1 km hacia el sur fuera de donde se instalará la Planta (lado este de la Laguna Grande de las Flores)

En el Anexo No. 2 se incluye el mapa de Puntos de muestreo de vegetación terrestre.

Otra de las zonas de manglar incluidos dentro del estudio, es por el Sistema lagunar de Mecoacán y de acuerdo a información del INEGI y de CONABIO, actualmente existen comunidades de vegetación de manglar desde el sur de la Terminal Marítima de Dos Bocas, los alrededores de la Laguna Mecoacán, Lago Juliva, Santa Anita, entre otros de ese sistema lagunar. Las especies de manglar que subsisten (Ficha técnica: Lagunas de Mecoacán–Julivá–Santa Anita, Conabio) en la zona son: Rhizophora mangle (mangle rojo), Avicennia germinans (mangle negro) y Laguncularia racemosa (mangle blanco).



Figura IV. 85 Manglar por el lado norte de la Laguna Mecoacán a más 10 km al este del proyecto

De acuerdo a informes de CONABIO, hoy en día aún se sigue usando la madera de manglar para construcción de casas en el medio rural, palapas en restaurantes y balnearios, postes para delimitar parcelas y cimbra en construcciones; así como combustible (carbón y leña) y en ocasiones como ornamental.

Palmar cultivado

Este tipo de vegetación fue de los más representativos dentro del sistema ambiental, y que de acuerdo a la carta de uso de suelo y vegetación serie VI del INEGI-2016, se encuentra considerado como zona de cultivo en toda la franja costera desde la desembocadura del río Grijalva, pasando por el área donde se ubicarán las instalaciones terrestres del Proyecto hasta la desembocadura del río Tonalá. El cultivo de palmas de coco es una fuente importante de ingresos para los pobladores de toda la franja costera mencionada junto a la línea de costa, actividad que a la fecha se continúa realizando.

Durante el recorrido en campo, este tipo de vegetación se encontró asociado con algunas especies de árboles frutales como; pimienta (*Pimienta dioica*), Cacao (*Theobroma cacao*) y aguacate (*Persea americana*) especies que son aprovechadas de igual manera por los habitantes de la zona.

El palmar asociado a vegetación arbórea, representa además una fuente de refugio y alimento para algunas especies de fauna, como la Ardilla gris (*Sciurus aureogaster*) y el tlacuache común (*Didelphis marsupialis*), las cuales son de las especies más comunes de encontrar dentro de este tipo de ambiente.



Figura IV. 86 Cultivo de palma de coco (*Cocos nucifera*) predominante dentro de las actividades antrópicas de la zona costera.

Vegetación secundaria o Acahual

También es común encontrar este tipo de vegetación en toda la franja costera la cual está asociada al uso agrícola y pecuario de todo el SAR delimitado para este Proyecto. Este sistema se caracteriza por presentar una composición florística muy heterogénea y de rápido crecimiento, dentro de las especies que más abundan son las siguientes: el guácimo (*Guazuma ulmifolia*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), majagua (*Hampea macrocarpa*), jolotzin (*Heliocarpus donell-smithii*); así como especies de enredaderas; cundeamor (*Momordica charantia*), campanita (*Quamoclit pinnata*) por mencionar solo algunas.

El rápido desarrollo de estas especies, incrementa además la competencia por el espacio, lo cual lleva al desplazamiento de las especies de vegetación original en la zona. Esta vegetación fue encontrada con más frecuencia en las zonas cultivadas en toda la franja costera hasta los límites con la línea de costa por el lado norte. Se caracterizaron por presentar este tipo de vegetación con densos manchones aislados de las zonas urbanas ocupando sitios de cultivo en abandono. Así mismo, la alta heterogeneidad hace de estos ambientes, espacios idóneos para algunas especies de fauna, principalmente para aves, las cuales la usan como zonas de refugio y alimentación.



Figura IV. 87 Vegetación secundaria de acahual.

Composición florística.

La composición florística de las zonas estudiadas y los puntos de muestreo están indicados en el mapa de ubicación de puntos de muestreo de Vegetación y Fauna que se incluye en el Anexo 2. En conjunto de estos puntos de muestreo, conforman una representación del sistema ambiental en la parte terrestre considerado para el presente estudio para el Proyecto. En general, se identificaron representada taxonómicamente por 54 familias, 96 géneros y 108 especies. Las familias más representativas fueron; la familia Fabácea con

un total de 15 especies, seguida de la familia Poaceae con 13 y la familia Arácea con 4 especies.

Por otro lado, se encontró que el tipo de vegetación y/o uso de suelo en el área donde se ubicará el predio (Planta Hokchi) se encuentra representado por vegetación secundaria, pastizal y palmar (cultivo de coco de la especie nusífera); así como el área donde se instalará la caseta de medición donde predomina el pastizal cultivado seguido por coco nusífera como se observan en las figuras de los apartados anteriores.

La vegetación de manglar como especie dominante, solo se registró y se observó en los alrededores de la Laguna Grande de Las Flores y la zona más próxima a estas comunidades vegetales, está ubicada por el lado sur fuera de los límites del predio a más de 100 metros con carretera de por medio y a más de 600 metros de donde se ubicarán las instalaciones que manejarán hidrocarburos.

Distribución de la vegetación

La distribución de la vegetación dentro del sistema ambiental fue característico dentro de cada polígono y puntos de muestreo, encontrándose que la vegetación de pastizal y pastizal arbolado; así como el cultivo de coco, fueron los de más amplia distribución a lo largo de toda la franja costera incluida en el SAR. La vegetación de manglar fue representativa únicamente en los sistemas lagunares y próximo a estos tales como la Laguna el Carmen, el Pajonal, La Machona, Barra de Tupilco, Laguna Grande de las Flores, en los alrededores del sistema lagunar de Mecoacán, Barra de Chiltepec y relictos de manglar en la desembocadura del río Grijalva y río Tonalá por el lado este y oeste del SAR respectivamente (INEGI, Conabio).

Densidad

La densidad (*D*) se define como el número de individuos (*N*) que existen en un área (*A*) determinada, la cual se estima a partir del conteo del número de individuos en cada unidad muestral.

Los detalles de este muestreo se encuentran en el Anexo No. 4 del presente estudio.

El análisis de densidad llevada a cabo en las zonas de muestreo solo para aquellas especies con altura de $DAP_{1,3\ m}$, y se encontró que la especie *Cocos nucifera* fue la más representativa para: el área donde se ubicará la Planta Hokchi y donde se ubicará la Estación de medición, también hacia el lado este y oeste de la franja costera.

De los puntos de muestreo realizados en la caracterización del sistema ambiental definido para este Proyecto en la zona costera, la especie *Rhizophora mangle* fue la que presento la mayor densidad en las zonas de caracterización ubicadas hacia el sur cercana a la Laguna Grande de las Flores y hacia el oeste cercano a la Barra de Tupilco y la Laguna la Redonda, en el siguiente Cuadro se presenta la densidad relativa estimada para las especies representativas en la zona de estudio.

Cuadro IV. 39 Densidad relativa (%) de las especies más representativas de las áreas de muestreo.

Especies	**Flora-Fauna A**	**Flora-Fauna B**	**Flora-Fauna 1**	**Flora-Fauna 2**	**Flora-Fauna 3**
Avicennia germinans	0,00	0,00	0,98	0,00	2,51
Bursera simaruba	9,32	1,03	0,00	3,05	0,00
Bursera graveolens	9,32	0,00	0,00	0,00	0,00
Cocos nucifera	**25,42**	**23,71**	0,00	**38,17**	0,25
Gliricidia sepium	8,47	20,62	0,00	0,00	0,00
Laguncularia racemosa	0,00	0,00	2,94	0,00	7,52
Pachira aquatica	0,00	13,40	0,00	0,54	0,00
Pimenta dioica	7,63	0,00	0,00	3,41	0,00
Rhizophora mangle	0,00	0,00	**96,08**	0,00	**87,72**
Tabebuia rosea	5,93	9,28	0,00	25,27	0,00
37 especies restantes	33,91	31,96	0,00	29,56	2,00
Total	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**

Flora-Fauna A = Área de la Planta Hokchi

Flora-Fauna B = Área de Estación de medición

Flora-Fauna 1 = Área Oeste fuera de la Planta Hokchi entre Barra de Tupilco y Lagua la Redonda

Flora-Fauna 2 = Área 1 km al oeste de la Planta Hokchi

Flora-Fauna 3 = Área al este de la Laguna Grande de las Flores

Índices de Diversidad y Dominancia

Los resultados del análisis de diversidad de **Shannon-Wiener** de las especies en cada una de las zonas estudiadas, son como se indica a continuación:

Con respecto a la diversidad de especies de vegetación; así como de su dominancia, se encontró que en el área donde se ubicará la Planta Hokchi los valores fueron menores y se debe principalmente a que la especie dominante fue la palma de coco (coco nusífera) con intercalados de vegetación de tipo acahual, seguida del pastizal cultivado, este tipo de vegetación también se registró en los alrededores de dicho predio. El área donde se ubicará la Estación de medición, la especie dominante fue el pastizal cultivado, seguida por la palma de coco (coco nusífera).

Con respecto a los puntos de muestreo hacia la Laguna Grande de las Flores y las zonas entre la Barran de Tupilco y la Laguna la Redonda caracterizadas como zonas de manglar, presentaron los valores más altos de dominancias por especies de manglar, donde la especie dominante fue el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) que es característico de dichas zonas.

Especies en el área del Proyecto (Planta Hokchi y Estación de medición)

A continuación se enlistan las especies de vegetación registradas durante los trabajos de campo en el área donde se ubicarán las instalaciones terrestres (Planta Hokchi y Estación de medición). También se indica su estatus de protección dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y CITES.

Cuadro IV. 40 Vegetación en el área del Proyecto (Planta Hokchi) Fracción "A" y "B"

Especie (nombre científico)	**Nombre común**	**Uso**	**Categoría NOM-059 y CITES**
Cocos nucifera	*Coco*	Alimenticia y comercial, entre otros	No
Bursera simaruba	*Palo mulato, Chaká*	Delimitación de predios	No
Ceiba pentandra	*Ceiba*	Utensilios domésticos, artesanías, carbón, medicinal, etc. Tuvo significado totémico en las familias mayas	No
Guazuma ulmifolia	Guácimo	Delimitación de predios	No
Cecropia obtusifolia	Guarumo	Medicinal ocasional	No
Pimenta dioica	Pimienta	Uso culinario	No
Chrysobalanus icaco	Icaco	Fruto comestible	No
Hampea macrocarpa	Majagua	Medicinal ocasional	No
Heliocarpus donell-smithii	Jolotzin	Medicinal ocasional	No
Randia aculeata	Crucetilla	Sin uso, crece en sitios perturbados	No
Roystonea regia	Palma real (9 ejemplares adultos)	El tronco para casas locales, techado de casas, uso en jardinería u ornato, etc.	**Pr**
Momordica charantia	Cundeamor (enredadera)	Sin uso local	No
Quamoclit pinnata	Campanita	Sin uso local	No
Lantana camara	Cinco negritos	Ornamental	No
Panicum purpurascens	Grama de agua (enredadera)	Forraje, pastoreo	No
Cynodon dactylon	Pasto bermuda	Forraje, pastoreo	No
Cynodon plectostachyus	Pasto estrella	Forraje, pastoreo	No
Echinochloa polystachya	Arrocillo	Forraje, pastoreo	No
Ipomoea pes-caprae	Riñonina	Ornamental ocasional, estabilizador costera, medicinal, etc.	No
Ipomoea stolonifera	Rompe plato blanco	Posible estabilizador de dunas	No
Ipomoea purpurea	Rompe plato morada	Posible estabilizador de dunas	No
Croton punctatus	Cenizo	Sin uso	No
Thalia geniculata	Popal	Ornamental ocasionalmente	No
Typha latifolia	Espadaño	Jardinería ocasional, techumbres, sillas sombreros, etc.	No

Especie (nombre científico)	Nombre común	Uso	Categoría NOM-059 y CITES
Eichhornia crassipes	Jacinto	Forraje, ornamental, entre otros.	No
Lemna minor	Lenteja de agua	Alimento para algunos animales	No
Pistia stratiotes	Lechuga de agua	Jardinería ocasional, decorativo	No
Sagittaria latifolia	Cola de pato	Jardinería ocasional, decorativo	No
Pontederia lanceolata	Popote	Jardinería ocasional, decorativo	No
Leersia hexandra	Pelillo	Forraje ocasional (vegetación secundaria	No
Cyperus ferax	Navajuela	Jardinería ocasional	No

Categoría NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de Extinción (P), Amenazada (A) y **Sujetas a Protección Especial (Pr)**

Cuadro IV. 41 Vegetación en el área del Proyecto (Estación de medición)

Especie (nombre científico)	Nombre común	Uso	Categoría NOM-059 y CITES
Cocos nucifera	*Coco*	Alimenticia y comercial, entre otros	No
Bursera simaruba	*Palo mulato, Chaká*	Delimitación de predios	No
Crataeba tapia	*Coscorrón*	Delimitación de predios	No
Cynodon dactylon	pasto bermuda	Forraje, pastoreo	No
Cynodon plectostachyus	pasto estrella	Forraje, pastoreo	No
Typha latifolia	Espadaño	Jardinería ocasional, techumbres, sillas sombreros, etc.	No
Eichhornia crassipes	Jacinto	Forraje, ornamental, entre otros.	No
Lemna minor	lenteja de agua	Alimento para algunos animales	No
Pistia stratiotes	lechuga de agua	Jardinería ocasional, decorativo	No

Categoría NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de Extinción (P), Amenazada (A) y **Sujetas a Protección Especial (Pr)**

Las áreas actualmente están clasificadas por el INEGI como zonas de agricultura, lo que fue corroborado durante los trabajos de campo. También se observó que actualmente existen zonas de uso de ganadería en las áreas donde se pretenden construir las instalaciones terrestres.

Es de hacer notar que las especies de mangle con estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 que a continuación se mencionan, estas no fueron encontradas en las áreas del proyecto, solo en el SAR fuera del área del proyecto.

Cuadro IV. 42 Mangle registrado fuera del área del Proyecto y su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Familia	Especie	Nombre común	Categoría
Avicenniaceae	*Avicennia germinans*	Mangle negro	A
Combretaceae	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	A
Meliaceae	*Cedrela odorata*	Cedro	Pr
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	A

Categoría NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de Extinción (P), Amenazada (A) y **Sujetas a Protección Especial (Pr)**

El Listado de Vegetación en el SAR se encuentra en el Anexo No. 4 del presente estudio.

Especies endémicas

Del total de especies reportadas e incluidas en los listados del Anexo No. 4 para el SAR del presente proyecto, ninguna se considera como endémica, ya que estas presentan una amplia distribución más allá de los límites del área de estudio.

b) Fauna

Métodos de muestreo de fauna terrestre

Para conocer la diversidad de especies de fauna presente en el Sistema Ambiental Regional (SAR), Área de Influencia Directa (AID) y Área del Proyecto (AP) incluido para el proyecto en la parte terrestre, fue necesario el empleo de métodos directos e indirectos de muestreo en campo específicos para cada grupo taxonómico. Estas metodologías consisten principalmente en el establecimiento de transectos y estaciones de monitoreo, que permiten hacer un estimado más preciso de las especies que alberga el área en estudio, siendo importante citar que, los registros de las especies se realizó en función de métodos directos e indirectos, anotando las presentes, las posibles y las probables (registro bibliográficos). A continuación se describe brevemente cada metodología empleada por grupo taxonómico:

Aves estaciones de monitoreo

Este método consistió en seguir un transecto a lo largo del terreno con puntos delimitados a una distancia de 100,0 m aproximadamente entre cada punto para garantizar independencia, en cada punto el tiempo y radio de observación fue de 10 min y 50 m respectivamente. Los recorridos se realizaron en dos horarios, uno diurno (06:00 a 10:00 am) y otro por la tarde (16:00 a 18:00 pm) horarios donde las especies de aves tienen su mayor actividad. Para la identificación de los organismos, se hizo de manera directa mediante el empleo de binoculares y fotografías, además del empleo de guías especializadas para confirmar cada especie avistada. Adicional al avistamiento directo, el

método de identificación por canto o vocalización, permitió incrementar el registro y por ende la diversidad y abundancia de especies dentro de cada polígono. Durante las observaciones en campo, adicionalmente se tomaron notas sobre otros parámetros de comportamiento tales como percheo, vuelo, canto, caminando, anidando o alimentándose, entre otros y, que fueron registrados de igual manera para cada especie avistada dentro de los diferentes polígonos.

Mamíferos búsqueda directa

Para estimar la presencia de los mamíferos dentro del sistema ambiental, fue empleado el método de *búsqueda directa* propuesto por Wallace (1999). Para ello, se emplearon transectos lineales, los cuales fueron trazados y distribuidos de manera aleatoria dentro de cada poligono con una longitud de 0,5 km. El recorrido de los transectos se realizó a paso lento (aproximadamente 0,5 km/h) con alcance de observación hasta donde la vegetación lo permitía, los horarios de recorridos fueron: diurnos (06:00 a 10:00 am) y por las tardes (14:00 a 18:00 pm) colocando puntos de observación momentáneos cada 100 m por 10 min en cada transecto, haciendo el menor ruido posible y durante la noche con las luces apagadas. Durante el recorrido se registró cada especie observada, así como la distancia aproximada hacia la línea central del transecto. Además de la observación directa, se realizaron registros por métodos indirectos, como la identificación por huellas, excretas, restos óseos, pelaje y llamados guturales. Para la identificación de las especies, se utilizaron las guías especializadas para el taxón de Aranda (2000) y Ceballos & Oliva (2005).

Anfibios y reptiles transectos

La diversidad herpetofaunística fue estimada mediante el empleo del método por transectos de acuerdo a Barragán-Vázquez (2007). Estos tuvieron una longitud de 0,5 km y ancho variable en dependencia al tipo de vegetación. Los recorridos se realizaron de forma lenta (1,0 km/h aproximadamente) en dos horarios: diurnos (09:00 a 10:00 am) y nocturnos (16:00 a 22:00 pm). Para la identificación y registro de los ejemplares, fue mediante la captura directa o a través del canto. Para los ejemplares capturados se tomaron datos de la especie, sexo, lugar y hora de captura. Los especímenes capturados fueron liberados en el mismo sitio, teniendo siempre en consideración hacer el menor daño y estrés posible. Las guías de campo empleadas para el grupo fueron las de Calderón-Mandujano *et al.* (2005) y Cedeño-Vázquez *et al.* (2006).

Composición y estructura de la fauna presente en el SAR del Proyecto

La composición faunística dentro del Sistemas Ambiental Regional, estuvo representado por 26 ordenes, 56 familias, 86 géneros y 97 especies, de las cuales las aves fueron las más representativas conformando el 60,48% del total, seguida de los reptiles con 14,4%, mamíferos 9,6% y finalmente los anfibios con 7,68% (Cuadro IV.43).

Cuadro IV. 43 Composición faunística presente en el SAR del Proyecto

Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Anfibios	1	5	9	9
Aves	18	34	56	63
Reptiles	3	11	13	15
Mamíferos	4	7	8	10
Total	26	57	86	97

Riqueza

El grupo de las aves se conformó por 18 órdenes, 34 familias, 56 géneros y 63 especies, en cuanto a la riqueza por especies, el orden de los paseriformes fue el de mayor riqueza, con ocho familias y 15 especies, seguido del orden falconiformes y Ciconiiformes con ocho y siete especies, respectivamente; posteriormente los Charadriiformes con cuatro familias y cinco especies y los Columbiformes con un género y cuatro especies. Los órdenes que presentaron menor riqueza fueron los Apodiformes, Coraciformes, Pelecaniformes y Psittaciformes con tres especies cada una, seguida de los Anseriformes, Caprimulgiformes, Cuculiformes, Gruiformes y Podicipediformes con solo un género y una especie.

El segundo grupo estuvo representado por los reptiles, con tres órdenes, 10 familias y 14 especies. El orden Squamata fue el de mayor riqueza con un total de 9 familias y 13 especies, seguidas de los órdenes Crocodrilia y Testudines con una familia y una especie cada una.

Para los mamíferos, se registraron cuatro órdenes, siete familias y 10 especies, siendo el orden Carnívora fue el de mayor riqueza, con tres familias y cuatro especies, seguido de los órdenes Chiroptera, Didelphimorphia y Rodentia con dos especies cada una.

En cuanto a los anfibios, únicamente estuvieron representados por un orden con seis familias y nueve especies, siendo así los de menor riqueza. La familia Hylidae fue la mejor representada con un total de cuatro especies, seguida de la familia Bufonidae con dos y finalmente las familias Leptodactylidae, Microhylidae y Ranidae con solo una especie.

Abundancia

Al igual que en la riqueza específica, las aves fueron quienes mostraron los valores más altos de abundancia en comparación con los demás taxones (Ver siguiente figura). Estos resultados estuvieron directamente relacionados con los tipos de ambientes presentes dentro del área de estudio que, en su mayoría presentan características idóneas para la

reproducción de este grupo de organismos, además de presentar cuerpos de agua que sirven para la obtención de alimento de muchas especies de aves.

Para el grupo de los anfibios se observó una situación diferente, aunque presentaron baja riqueza; conformaron el segundo grupo con mayor abundancia (ver figura siguiente). Esta alta frecuencia está dada por dos especies *Leptodactylus melanonotus* y *Dendropsophus microcephalus*, las cuales son comunes de encontrar en ambientes con poca vegetación y con zonas inundables de permanentes a semipermanentes, como las que se localizan dentro del sistema ambiental evaluado.

Los mamíferos representaron el tercer grupo con mayor abundancia, que en su mayoría fueron de hábitos nocturnos como; murciélagos y mapaches.

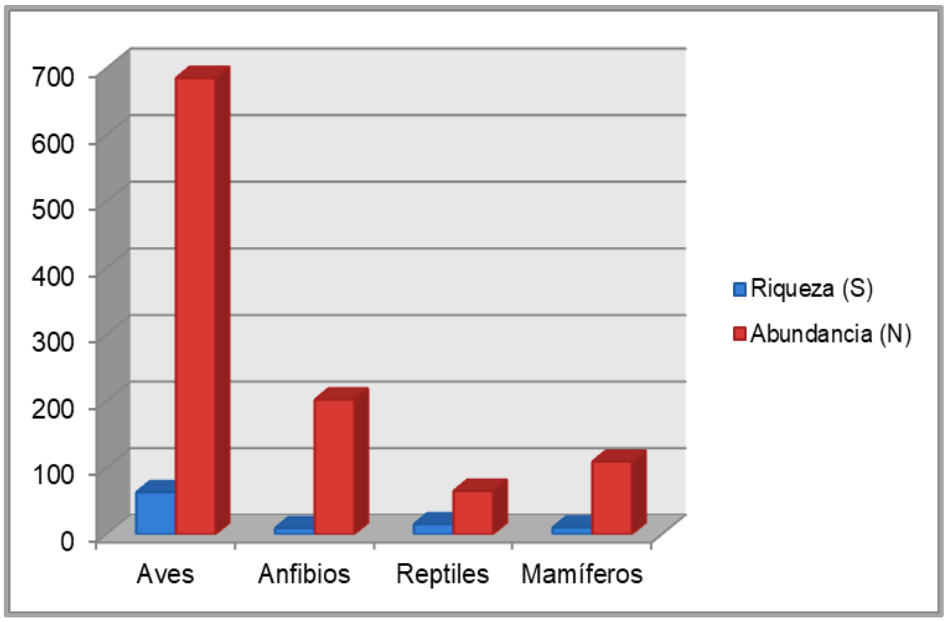


Figura IV. 88 Comparación de la riqueza y abundancia por grupo taxonómico

El análisis comparativo de la riqueza y la abundancia por polígono se muestran en el Cuadro IV.44. La zona de muestreo en la parte oeste fuera del predio donde se ubicará la Planta Hokchi fue el que presento la mayor riqueza y abundancia de especies, la primera estuvo asociada con los diferentes tipos de ambientes que caracterizaron al polígono; mientras que la segunda por los altos índices de frecuencia principalmente de anfibios y aves.

Las zonas de muestreo al este de la Laguna Grande de las Flores, fue el que mostro el índice más bajo de abundancia donde únicamente se observó manglar ver siguiente Cuadro.

Cuadro IV. 44 Riqueza y abundancia por grupo taxonómico en puntos de muestreo

Polígonos	Riqueza (S)	Abundancia (N)				
		Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos	Total
Flora-fauna A	41	40	10	94	19	163
Flora-fauna B	32	60	6	84	13	189
Flora-fauna 1	37	4	12	167	17	200
Flora-fauna 2	65	91	26	209	49	368
Flora-fauna 3	35	7	11	131	11	160
Total	**96**	**195**	**65**	**685**	**109**	**1061**

Flora-Fauna A = Área de la Planta Hokchi

Flora-Fauna B = Área de Estación de medición

Flora-Fauna 1 = Área Oeste fuera de la Planta Hokchi entre Barra de Tupilco y Lagua la Redonda

Flora-Fauna 2 = Área 1 km al oeste de la Planta Hokchi

Flora-Fauna 3 = Área al este de la Laguna Grande de las Flores

Diversidad y similitud

Los valores obtenidos mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener, fueron considerados altos para cada uno de los polígonos evaluados. Estos resultados estuvieron asociados con la heterogeneidad de ecosistemas que caracterizaron al sistema ambiental. A pesar de que el ambiente de manglar mostro los niveles de riqueza más bajos para el grupo de los anfibios y los reptiles, este fue compensado por un mayor número de especies de aves, lo que equilibro los índices de diversidad con los otros polígonos ver Cuadro siguiente.

Por otro lado, el índice de similitud de Chao 1, mostro alta homogeneidad para cada uno de los polígonos muestreados. Está estabilidad estuvo dada por las especies compartidas con mayor o menor número dentro de cada polígono como se muestra a continuación.

Cuadro IV. 45 Índices de diversidad de Shannon-Wiener (H´) y similitud por polígono.

Polígono	(H´)	Similitud
Flora-Fauna A	3,55	0,96
Flora-Fauna B	3,08	0,93
Flora-Fauna 1	3,36	0,95
Flora-Fauna 2	3,74	0,96
Flora-Fauna 3	3,17	0,93

Flora-Fauna A = Área de la Planta Hokchi

Flora-Fauna B = Área de Estación de medición

Flora-Fauna 1 = Área Oeste fuera de la Planta Hokchi entre Barra de Tupilco y Lagua la Redonda

Flora-Fauna 2 = Área 1 km al oeste de la Planta Hokchi

Flora-Fauna 3 = Área al este de la Laguna Grande de las Flores

Distribución

La distribución de la fauna se caracteriza por seguir ciertos patrones, donde la mayor concentración de especies se localiza cerca de las latitudes más ecuatoriales (Ceballos y Oliva, 2005). Los sistemas tropicales ubicados en la transición Neártica-Tropical, son los sistemas que presentan la mayor riqueza y diversidad de especies, como la que caracteriza al sistema ambiental estudiado.

Las especies presentes dentro del sistema ambiental del proyecto, son especies de amplia distribución, que va desde la región Neotropical hasta la subregión en Mesoamérica, las cuales en conjunto conforman el Corredor Biológico Mesoamericano (Icaza, 2003). En México, estos corredores biológicos permiten a las especies principalmente mamíferos (no voladores), desplazarse sin ningún impedimento, desde el centro del país y hasta el sur en la península de Yucatán; extendiéndose incluso más hacia el noreste cercano al ecuador, lo que permite además el flujo genético entre las especies como se muestra en la siguiente figura.

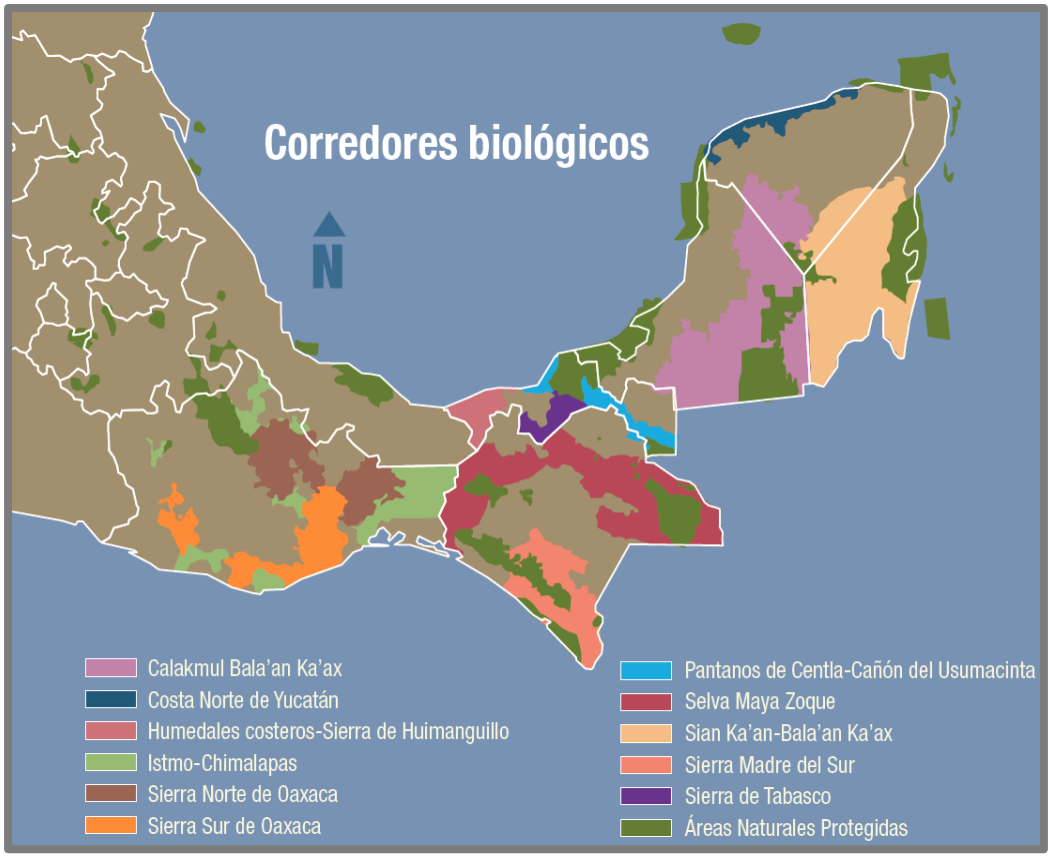


Figura IV. 89 Corredores biológicos Mexicanos próximos al área del proyecto, CONABIO, 2013.

Reproducción Aves

La reproducción en las aves es un fenómeno que se caracteriza por darse únicamente en épocas específicas del año, y que en algunos casos implica la migración hacia sitios específicos de anidamiento. En la mayoría de las especies de aves, la reproducción inicia a principios de la primavera. Sin embargo, en las especies Neotropicales pueden presentarse de dos a tres temporadas reproductivas a lo largo del año, dependiendo de las condiciones climáticas, gradiente altitudinal y fotoperiodo (Berlanga & Rodríguez, 2010).

Como se muestra en la siguiente Cuadro:

Cuadro IV. 46 Temporadas reproductivas de algunas aves presentes en el SAR

Nombre científico	Nombre común	Periodo reproductivo	Hábitat
Amazona albifrons	Loro frente blanca	Enero a Mayo	Copas de árboles huecos
Ardea alba	Garzón blanco	Marzo a Junio	Copa de árboles y arbustos
Egretta caerulea	Garza azul	Mayo a Junio	Copa de árboles y arbustos
Bubulcus ibis	Garza garrapatera	Mayo	Copa de árboles y arbustos
Eudocimus albus	Ibis blanco	Marzo a Junio	Zona de vegetación densa
Caracara cheriway	Caracará común	Enero a Marzo	--
Coragyps atratus	Chombo común	Mayo	Zona de vegetación densa
Icterus auratus	Cenzontle	Abril a Agosto	Copas de árboles y arbustos

Fuente: Álvarez-Romero *et al*. 2008; Piña-Ortiz *et al*. 2017

La perturbación de los sitios de anidamiento y crianza (principalmente de aves migratorias), puede llevar a los organismos abandonar el nido y dar por terminado el ciclo reproductivo, lo que trae como consecuencia el fracaso de esa generación y por tanto la disminución de la población anual (González-Valdivia *et al*. 2012). Durante los recorridos en campo, fue posible avistar algunas especies de aves en estado reproductivo, las cuales se caracterizaron por el cambio de color en su plumaje, cortejo por medio del canto, la construcción de nidos o como en algunos casos en anidación. No obstante, no se observaron sitios específicos de anidamiento, ya que las especies avistadas en reproducción por ser residentes, lo que implica que su anidación no es específica de un lugar de anidamiento en particular, lo que implica que su reproducción es en casi todo el área de estudio.



Figura IV. 90 Polluelo de la especies Amazilia yucatania observado (fuera del área del proyecto) en el punto de muestreo al este de la Laguna Grande de las Flores.

Mamíferos

La temporada reproductiva en el grupo de los mamíferos está asociada a factores ambientales y la disposición de alimento, en algunas especies la época reproductiva da inicio durante los primeros meses del año, con estadios de gestación variable, donde el nacimiento de las cría puede llegar inclusive a darse a finales de año. Durante las actividades de campo sobre los diferentes polígonos, no se observaron organismos de este grupo en cortejo o en estado apareamiento, así como tampoco sitios específicos de reproducción. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que hubiera especies en estado reproductivo de acuerdo a la bibliografía. Como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro IV. 47 Temporadas reproductivas de algunos mamíferos registrados en el SAR

Nombre científico	Nombre común	Periodo reproductivo	Hábitat
Didelphis marsupialis	Tlacuache	Enero a octubre	BTH
Didelphis virginiana	Tlacuache cola pelada	Enero a febrero/Junio a Julio	BTH
H. yagouaroundi	Jaguarundi	Enero a marzo	BT, MG
Leopardus wiedii	Tigrillo	----	BT, MG
Canis latrans	Coyote	Enero a abril	TV
Procyon lotor	Mapache	Diciembre a Marzo	BT, MG
Artibeus jamaicensis	Murciélago frutero	Julio a abril	BT, MG
Artibeus lituratus	Murciélago frutero	Julio a abril	BT, MG
Peromiscus mexicanus	Ratón de campo	Mayo a abril	BTH
Sciurus aureogaster	Ardilla gris	Marzo a abril	AP

Fuente: Ceballos y Oliva, 2005.

BTH= Bosques Tropicales Húmedos, BT= Bosques Tropicales, MG=Manglar, TV= Todo tipo de Vegetación, AP= Áreas Perturbadas

Anfibios

La reproducción en los anfibios está marcada principalmente por las lluvias y debido a sus hábitos nocturnos de apareamiento (amplexo), el cual ocurre solo durante estas horas. La mayoría de las especies son ovíparos y ponen sus huevos en el agua o en ambientes húmedos; a partir de su nacimiento y hasta alcanzar el estado adulto, experimentan una serie de cambios morfológicos (metamorfosis) que los capacita para pasar del medio acuático al terrestre, aunque no en todas las especies (Cedeño-Vásquez *et al*. 2006). Durante la temporada de apareamiento, los machos son los únicos que emiten canto (típico de cada especie) para atraer a las hembras. Sin embargo, el cambio en el ambiente por condiciones naturales o antropogénicas, puede reducir el éxito de los machos en la búsqueda de pareja y por consecuente perder la temporada reproductiva, llegando incluso a desaparecer del área.

El sistema ambiental evaluado se caracteriza por presentar condiciones ambientales de tipo cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, además de contar con cuerpos de agua cercanos permanentes o semipermanentes que propician la reproducción de más de una vez al año como en el sapo común (*Rhinella marina*). Durante las actividades de campo fue posible avistar y oír, algunas especies de anfibios en reproducción, y en algunos casos en proceso final de su metamorfosis (Figura IV.91). Dentro de las especies que se pudieron

identificar están; la rana de lomo oscuro (*Leptodactylus melanonotus*) y la rana grillo (*Dendropsophus microcephalus*), las cuales fueron también las más abundantes dentro del sistema ambiental.



Figura IV. 91 Ejemplar de la especie Leptodactylus melanonotus en fase terminal de su metamorfosis.

Reptiles

La reproducción en los reptiles está sincronizada en cada especie para ganar beneficio máximo del tiempo favorable de las condiciones ambientales y de los recursos alimentarios. Dentro de este grupo tan diverso, las estrategias y formas de reproducción son menos variables que en los anfibios (Chávez-Ávila *et al*. 2006). En la mayoría de los casos, la actividad reproductiva se da a principios de la primavera y es característico observar comportamientos etológicos comunes dentro de cada especie como; persecución de las hembras, comportamiento agresivo (defensa del territorio), cambios de coloración, entre otros. En campo no fue posible el avistamiento reproductivo de ninguna de las especies registradas. Sin embargo, se pudo identificar algunas especies en estado juvenil, lo que indica que la temporada reproductiva ya había concluido.

Especies amenazadas y en peligro en el SAR definido (Fuera del área del Predio)

De las 97 especies de fauna identificadas dentro del sistema ambiental Hokchi-Terrestre, 15 se encuentran dentro de alguna de las categorías de la NOM 059-SEMARNAT-2010 (Cuadro IV.48). El grupo de las aves fue quien presento el mayor número, con siete

especies, seguida de los reptiles con cuatro y finalmente los mamíferos y anfibios con dos especies cada una.

Cuadro IV. 48 Especies en el SAR (NOM-059-SEMARNAT-2010)

Especies				
Familia	**Género**	**Especie**	**Nombre común**	**Categoría**
Anfibios				
Ranidae	*Lithobates*	*berlandieri*	Rana leopardo	Pr
Microhylidae	*Gastrophryne*	*elegans*	Sapo boca angosta	Pr
Reptiles				
Crocodylidae	*Crocodylus*	*moreletii*	Cocodrilo de pantano	Pr
Colubridae	*Thamnophis*	*proximus*	Culebra bejuquilla	A
Iguanidae	*Ctenosaura*	*similis*	Iguana negra	A
Iguanidae	*Iguana*	*iguana*	Iguana verde	Pr
Aves				
Ardeidae	*Botaurus*	*pinnatus*	Garza tigre	A
Accipitridae	*Buteogallus*	*anthracinus*	Águila negra menor	Pr
Accipitridae	*Rostrhamus*	*sociabilis*	Caracolero	Pr
Aramidae	*Aramus*	*guarauna*	Carao	A
Podicipedidae	*Tachybaptus*	*dominicus*	Zambullidor menor	Pr
Psittacidae	*Amazona*	*albifrons*	Loro frente blanca	Pr
Psittacidae	*Aratinga*	*nana*	Perico	Pr
Mamíferos				
Felidae	*Herpailurus*	*yagouaroundi*	Jaguarundi	A
Felidae	*Leopardus*	*wiedii*	Ocelote	P

Categoría NOM-059-SEMARNAT-2010: Peligro de Extinción (P), Amenazada (A) y Sujetas a Protección Especial (Pr)

Especies endémicas

Del total de especies de fauna identificadas dentro del sistema ambiental, ninguna es considerada como endémica, ya que son de amplia distribución; desde el norte de México hasta Centroamérica.

Especies migratorias

Un total de siete especies principalmente de aves, son migratorias dentro del sistema ambiental Hokchi-Terrestre, las cuales representa solo el 4.4% del total de especies reportadas dentro del sistema ambiental Ver Cuadro siguiente.

Cuadro IV. 49 Especies migratorias presente en el SAR

Especies	
Nombre científico	**Nombre común**
Anas discors	Cerceta
Archilochus colubris	Colibrí
Actitis macularius	Playerito alzacolita
Megaceryle alcyon	Martín Pescador Norteño
Tringa melanoleuca	Pata amarilla menor
Stelgidopteryx serripennis	Golondrina café
Sturnella neglecta	Pradero gorgojeador
Mniotilta varia	Chipe trepador

Para las especies de mamíferos, anfibios y réptiles, ninguna especie es considerada como migratoria y en su caso, todas se consideran como residentes para el sitio de estudio.

Especies en veda

De acuerdo al calendario cinegético publicado por la SEMARNAT para la época de caza 2017-2018, Tabasco no se encuentra considerado como sitio de caza para estas temporadas. Sin embargo, hasta el 2016, un total de 13 especies de fauna (6 aves, 7 mamíferos) se encontraban dentro de esta lista de especies (Cuadro IV.50.).

Cuadro IV. 50 Especies de interés cinegético para el estado de Tabasco, 2015-2016

Especies			
Nombre científico	**Nombre común**	**Fechas de captura**	
		Inicio	**Fin**
Aves			
Gallinago gallinago	Agachona	10/15	02/16
Ortalis vetula	Chachalaca	11/15	02/16
Colinus virginianus	Codorniz	11/15	02/16
Bartramia longicauda	Ganga	08/15	11/15
Zenaida asiatica	Paloma aliblanca	09/15	02/16
Columba flavirostris	Paloma morada	11/15	20/16
Mamíferos			
Dasypus novemcinctus	Armadillo	09/15	02/16
Sylvilagus floridanus	Conejo	10/15	02/16
Canis latrans	Coyote	09/15	02/16
Procyon lotor	Mapache	09/15	02/16
Nasua narica	Tejo o Coatí	09/15	02/16
Didephis marsupialis	Tlacuache	09/15	02/16
Odocoileus virginianus	Venado cola blanca	11/15	02/16
SEMARNAT, 2016.			

Fauna de valor científico o comercial

De acuerdo a la Ley de Protección de la Fauna Silvestre **Capítulo 1**, **Art. 14** y **16** establece que; el Estado tiene la obligación de realizar y fomentar la investigación científica conducente a la utilización racional de la fauna silvestre y establecerá los centros de investigación que fuesen necesarios. Así mismo, estimulará y apoyará con las medidas que crea conducentes, el estudio o investigaciones que personas o instituciones privadas hicieren en pro de la conservación, protección, fomento y utilización racional de la fauna silvestre.

Por otro lado, La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES), tiene por finalidad, velar que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia. Las especies se agrupan en Apéndices según el grado de amenaza debido al comercio internacional.

Apéndice I: especies que están en peligro de extinción y que la CITES prohíbe el comercio internacional de organismos de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, como la investigación científica.

Apéndice II: figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio. En este Apéndice figuran también las llamadas "especies semejantes", es decir, especies cuyos especímenes objeto de comercio son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación.

Apéndice III: especies incluidas a solicitud de una Parte (país) que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas.

De acuerdo a la CITES-2018, del total de especies registradas en el SAR, 19 especies se encuentran dentro de alguna de las categorías anteriormente mencionadas como se muestra a continuación:

Cuadro IV. 51 Especies de valor comercial de acuerdo a la CITES-2018

Nombre científico	Nombre común	Apéndice CITES
Anfibios		
Agalychnis callidryas	Rana verde de ojos rojos	II
Reptiles		
Crocodylus moreletii	Cocodrilo de pantano	I/II
Iguana iguana	Iguana verde	II
Aves		
Amazilia yucatanensis	Chupita	II
Amazilia candida	Colibrí	II
Archilochus colubris	Colibrí	II
Buteo magnirostris	Águila caminera	II
Buteogallus anthracinus	Águila negra menor	II
Elanus caeruleus	Milano coliblanco	II

Nombre científico	Nombre común	Apéndice CITES
Pandion haliaetus	Águila pescadora	II
Rostrhamus sociabilis	Caracolero	II
Caracara cheriway	Caracará común	II
Herpetotheres cachinnans	Vaquero	II
Ortalis vetula	Chachalaca	III
Amazona autumnalis	Loro frente rojo	II
Amazona albifrons	Loro frente blanca	II
Aratinga nana	Perico pechosucio	II
Glaucidium brasilianum	Tecolote bajeño	II
Mamíferos		
Leopardus wiedii	Tigrillo	I

De las 19 especies registradas en el área de estudio y que son incluidas por la CITES, las aves fueron las más representativas con 15 especies, seguidas de los reptiles con dos especies y finalmente los anfibios y mamíferos con una especie como se muestra a continuación:

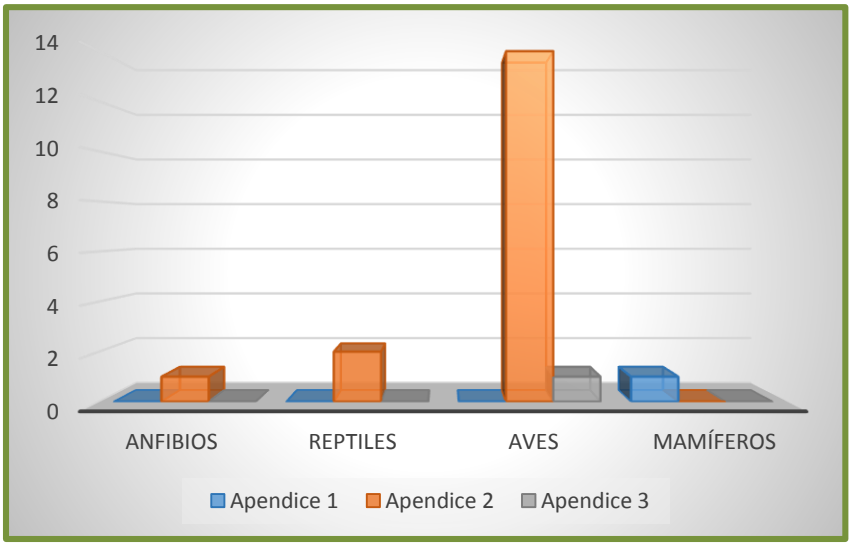


Figura IV. 92 Representación gráfica del número de especies dentro de una categoría de la CITES por grupo taxonómico.

Fauna de consumo local

Dentro de los diferentes tipos de usos dado a la fauna silvestre identificados en el Sistema Ambiental regional del proyecto, se pueden mencionar, la alimentación, ornamental, peletería y medicinal. En el cuadro siguiente se muestran las especies y usos dado a la fauna por los habitantes del municipio de Paraíso, Tabasco.

Cuadro IV. 52 Especies de fauna silvestre con uso local en el SAR

Fauna silvestre		
Nombre científico	**Nombre común**	**Uso**
Anfibios		
Rhinella marina	Sapo común	M/P
Lithobates berlandieri	Rana leopardo	A
Reptiles		
Crocodylus moreletii	Cocodrilo de pantano	A/P
Ctenosaura similis	Iguana negra	A
Iguana iguana	Iguana verde	A
Kinosternon leucostomun	Pochitoque	A
Aves		
Anas discors	Cerceta	A
Columbina inca	Tortolita	O
Columbina talpacoti	Tortolita canela	O
Patagioenas flavirostris	Paloma morada	A
Zenaida asiatica	Paloma aliblanca	A
Ortalis vetula	Chachalaca	A
Icterus auratus	Cenzontle común	O
Icterus cuculatus	Calandria dorso negro	O
Sturnella neglecta	Pradero gorgojeador	O
Dendroica petechia	Chipe amarillo	O
Dendroica petechia	Chipe cabecicastaño	O
Mniotilta varia	Chipe trepador	O
Turdus grayi	Calandria café	O
Amazona autumnalis	Loro frente roja	O
Amazona albifrons	Loro frente blanca	O
Aratinga nana	Perico pechisucio	O
Mamíferos		
Herpailurus yagouaroundi	Yaguarundí	A/P
Leopardus wiedii	Tigrillo	A/P

Canis latrans	Coyote	P
Procyon lotor	Mapache	A
Didelphis marsupialis	Tlacuache común	A
Didelphis virginiana	Tlacuache cola pelada	A
A= alimento, O= ornamental, M= medicinal, P= peletería.		

Fauna nociva

Desde el punto de vista ecológico el término fauna nociva es inexistente, ya que se asume que cada especie presente en un ecosistema, cumple una función específica. Sin embargo, desde el punto de vista antropocéntrico, se denominan “especies plagas” o “nociva”; a cualquier individuo o población, nativo o introducido, silvestre o doméstico, que entra en conflicto con los intereses humanos como un peligro para la salud, destructor de alimentos o de los recursos naturales deseables (Elías y Valencia, 1984; Howard, 1983).

Dentro del grupo de los vertebrados que pueden llegar a considerarse como “especies plaga” están, entre otros, los ratones, ardillas, murciélagos, liebres, conejos y algunas aves, que en su mayoría atacan zonas de cultivo (citado en Ojasti, 2000).

Durante los recorridos en campo, no se observó ningún tipo de fauna con densidades poblacionales elevadas, para ser considerada como “plaga”. Sin embargo, de acuerdo a los pobladores de la zona, la ardilla gris (*Sciurus aureogaster*) ha provocado pérdidas importantes en el cultivo de coco y una baja producción de la copra. A pesar de ello, en campo fue posible avistar fauna como coyotes, búhos, águilas rapaces, que son los depredadores naturales de las ardillas, lo que da a entender que en el sistema ambiental se mantiene una fluctuación estable de sus especies como se observa en la siguiente figura.



Figura IV. 93 Ave rapaz devorando a un pequeño tlacuache observado dentro del polígono.

Por otro lado, y en lo que respecta a la fauna nociva, generalmente representada por las serpientes, éstas se registraron escasamente y en algunos casos solo fue posible la identificación por métodos indirectos de las especies, es decir, por restos óseos y mudas. Sin embargo, para el sitio en estudios hay reportes de especies como nauyacas (*Bothrops asper*) y corales (*Lampropeltis triangulum*), consideradas como las más venenosas para el municipio y el estado en general (Barragán-Vázquez, 2007).

La fauna constituida por invertebrados como mosquitos, arañas, alacranes, grillos, etc., fue baja, posiblemente por la gran diversidad de aves, murciélagos y anfibios que predominan en la zona y que en su mayoría son depredadores de este tipo de organismos (Cuadro IV.53).

Cuadro IV. 53 Fauna identificada como nociva dentro del SAR

Fauna Nociva		
Especie	**Nombre común**	**Enfermedad (transmisor) y/o daño**
Vertebrados		
Crotalus sp	Cascabel	Intoxicación por veneno
Bothrops asper	Nahuyaca	Intoxicación por veneno
Lampropeltis triangulum	Coral	Intoxicación por veneno
Crocodylus moreletii	Cocodrilo	Mordedura
Peromyscus mexicanus	Ratón	Leptospirosis, daño a cultivo
Sciurus aureogaster	Ardilla	Daño a cultivo
Invertebrados		
Aedes aegypti	Mosquito	Dengue, Chikungunya
Latrodectus sp	Araña	Intoxicación por veneno
Centruroides limpidus	Alacrán	Intoxicación por veneno
Rickettsia sp	Garrapata	Riketsiosis
Triatoma sp	Chinche	Enfermedad de Chagas
Apis mellifera	Abeja	Intoxicación por apitoxina

Dinámica del ecosistema

Un ecosistema es un conjunto de partes interdependientes que funcionan como una unidad, donde las partes fundamentales son los productores, los consumidores, los organismos responsables de la descomposición, y el componente abiótico. Los ciclos biológicos que predominan dentro de cada ecosistema, permiten la experimentación de procesos ecológicos naturales en sus componentes bióticos y abióticos a través del tiempo (Villareal *et al*. 2004).

Los cambios del uso de suelo con fines pecuarios y agrícolas, implican la remoción casi total de la vegetación original; para introducir una o dos especies de interés comercial, lo que propicia además el desplazamiento de la fauna residente de ese lugar hacia sitios con condiciones menos propicias para cuestiones de alimentación y reproducción.

Este tipo de modificación al ambiente se observó dentro en los zonas de muestreo donde se instalara la Planta Hokchi y la Estación de medición; asi como de sus alrededores, donde el cambio de uso de suelo para actividades pecuarias y agrícolas son predominantes.

La presión antropogénica ejercida sobre los ecosistemas y el uso no sustentable de los recursos, conlleva al rápido deterioro de sitios indispensables para la vida como es el caso de los manglares fuera del área del Proyecto, los cuales son impactados directamente por el hombre para la producción de carbón y como postes (cercos) en las actividades pecuarias. Sin embargo, durante los recorridos fue posible observar sitios en buen estado de conservación y zonas en proceso de recuperación.



Figura IV. 94 Presión antropogénica sobre las poblaciones de mangle.

Por otro lado y en relación a la dinámica del ecosistema con las condiciones climáticas que imperan dentro del sistema ambiental, estas mantiene una fuerte relación con la diversidad y abundancia de especies tanto de flora como de fauna, ya que durante las épocas de lluvias la vegetación acuática presenta una mayor abundancia y variedad, la cual es aprovechada por muchas especies de fauna para la reproducción.

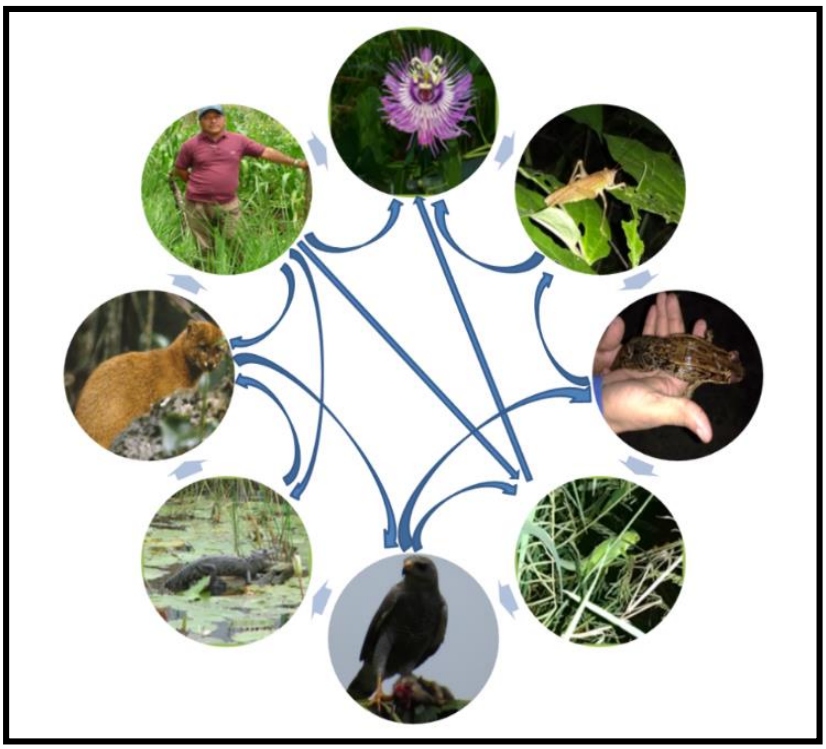


Figura IV. 95 Red trófica identificada dentro del área del proyecto.

Otra dinámica y de las más importantes dentro de un ecosistema, es la relación de cada especie como parte de las cadenas y redes tróficas. Dentro del sistema ambiental Hokchi en la franja costera se lograron identificar diferentes tipos de relaciones tróficas entre especies, las cuales se extienden en todo el SAR definido para el presente estudio.

Como parte de la base de la cadena trófica, se observaron diversas especies de plantas, las cuales presentaban frutos o floración, la cuales son aprovechada por los consumidores primarios como las iguanas, ardillas y algunas aves. Dentro de los consumidores secundarios se pueden mencionar algunas aves rapaces y mamíferos carnívoros como mapaches y coyotes, mientras que dentro de los consumidores terciarios se encuentran las especies de mayor tamaño como cocodrilos y felinos mayores. Es substancial incluir al hombre como parte importante de la red trófica identificada dentro del sistema ambiental, ya que éste se mantiene en contacto directo y hace uso de todos los recursos para cubrir diversas necesidades propicias y con fines comerciales.

Biota marina

Las operaciones de exploración y extracción de hidrocarburos fósiles en el Sistema Marino causan dos niveles de efectos ecológicos. El primer nivel es de mayor severidad en el ecosistema costero debido a la reducción o permanente remoción de alguno de sus componentes básicos, tales como las comunidades de plantas vasculares acuáticas. Las

alteraciones del substrato causadas por las operaciones de dragado, apertura de canales, instalaciones de oleoductos y plataformas en el ambiente costero y marino, generan alteraciones en flora y fauna de diferente complejidad. En contraste, en el ambiente marino, las alteraciones potenciales derivadas de la industria petrolera son atenuadas por la capacidad de amortiguamiento del sistema mismo.

En el ambiente marino se reconocen fluctuaciones naturales en cada uno de sus componentes ecológicos; tales fluctuaciones son compensadas mediante mecanismos internos de tipo homeostático los cuales contribuyen a mantener un equilibrio en el ciclo de la de materia y energía. El estudio preliminar del flujo de carbono orgánico en el área de aguas someras del sur del Golfo de México, muestra un sistema altamente subsidiado por las aportaciones de materiales orgánicos de origen continental, cuyo destino final es el componente sedimentario de la plataforma continental y el mar profundo adyacente.

Fitoplancton

El conocimiento sobre la riqueza específica estructura y patrones de variabilidad espacio-temporal del fitoplancton es limitado en el área de estudio. Las áreas con mejor información son la Laguna de Términos y la zona costera adyacente.

Existe un conocimiento general sobre la estructura y los ritmos y fluctuaciones de la comunidad de productores primarios de la zona marina. La variabilidad espacio-temporal de este componente es alta y se correlaciona con los pulsos de descargas ribereñas en el sector del sureste del Golfo de México. Los cambios registrados en su estructura son atribuibles a ritmos sucesionales propios de la comunidad, los cuales ocurren en el corto plazo. Bajo condiciones de perturbación causada por derrames accidentales de hidrocarburos fósiles, el fitoplancton marino acusa efectos sobre la composición de especies y sobre su biomasa. Sin embargo, su equilibrio es reestablecido en el corto plazo (alrededor de 40 días). El reestablecimiento de la estructura comunitaria del fitoplancton en la Sonda de Campeche, una vez que los efectos deletéreos causados por la presencia de hidrocarburos fósiles en la columna de agua se atenúan, por efectos de dilución, dispersión o intemperización. (Licea et al, 1982).

De acuerdo con estudios antecedentes, la mayor diversidad fitoplanctónica en la Sonda de Campeche, se registra durante los meses de verano (junio-julio) y disminuye sensiblemente en la época de mayor perturbación climática (tormentas de invierno). La hidrodinámica de la Sonda en el ambiente nerítico, cambia de un sistema estratificado a una condición homogénea, reduciéndose también el espesor de la capa eufótica entre 12 y 15 m de profundidad. Durante la temporada de estío el sistema tiende a la estabilidad, y la comunidad fitoplanctónica presenta pulsos de abundancia y diversidad asociados principalmente a procesos costeros.

Los valores de productividad primaria registrados en la Sonda de Campeche (0.04-1.3 mg C/m3/hr), corresponden a un sistema oligotrófico soportado esencialmente por el crecimiento de algas Bacillarophytas y Dinoficeas. Sin embargo, bajo circunstancias de

perturbación por hidrocarburos fósiles en el medio, la dominancia específica se invierte; es decir las algas fitoflageladas predominan seguidas por las diatomeas.

El estudio sistémico de la Sonda de Campeche (IMP, 2002) reveló que el componente fitoplanctónico es el principal contribuyente de elementos orgánicos al reservorio de detritos, seguido por la infauna y el zooplancton. Esto significa que el fitoplancton de la Sonda de Campeche mantiene una baja eficiencia ecotrófica que dificulta la herbivoría por parte del zooplancton y peces filtradores. Por consiguiente se puede inferir que los ciclos sucesionales de los productores primarios deben de ser breves y espacialmente aleatorios; estas dos propiedades pueden contribuir a recuperar el nivel de estabilidad comunitario cuando las perturbaciones ambientales (naturales o antropogénicas) son atenuadas.

Zooplancton

Los datos cuantitativos de esta comunidad se restringen a los grupos predominantes como los copepodos y las larvas de peces, los quetognatos y las apendicularias, reconocidos por su asociación con ciertas masas de aguas oceánicas. En la Sonda de Campeche se conoce la composición específica del zooplancton, su biomasa, diversidad, y sus patrones espacio-temporales de distribución. Los valores máximos de producción zooplanctónica se concentran en el área frente a la Laguna de Términos y el delta de los ríos Grijalva-Usumacinta. En condiciones de perturbación severas causadas por derrames de hidrocarburos fósiles, la biomasa del zooplancton puede reducirse hasta un orden de magnitud de 4. La complejidad de este componente se reestablece una vez que el efecto deletéreo cesa.

El ictioplancton marino ha sido motivo de reciente investigación. Se conocen sus patrones de variabilidad espacio-temporales. Su estructura comunitaria está influenciada por la hidrodinámica prevaleciente en las zonas carbonatada y de influencia terrígena, y la intrusión de aguas oceánicas sobre la plataforma continental.

Bentos

Este componente está bien documentado en cuanto a su composición específica y sus valores de biomasa, densidad y diversidad. Los datos compilados son sin embargo, heterogéneos en calidad y continuidad en tiempo y espacio. Los patrones de variación interanuales son predecibles y los espaciales responden a la complejidad del fondo marino y a la topografía de la plataforma continental (área de extensión y quiebre de plataforma). Los valores de diversidad indican una comunidad relativamente estable, con una cadena trófica de naturaleza detritivora compuesta por 5 niveles. El bentos está incluido en el nivel II, dentro del cual quedan comprendidos la infauna, la epifauna y los camarones peneidos.

El estudio del bentos en la zona del campo Hokchi y su área de influencia hasta la línea costera, con base en el análisis de los principales atributos de la comunidad (Abundancia,

Riqueza de especies y Biomasa) junto con las características granulométricas evidenciaron las siguientes observaciones:

- Se identificaron un total 20,910 organismos clasificados en 8 Phylum, 13 Clases, 38 Órdenes, 122 Familias, 121 Géneros, 56 Especies y 167 taxones.
- De los 20,910 organismos registrados, se clasificaron de la siguiente manera: Abundantes (65.6% de la abundancia total); Comunes (33.18%) y Raros (1.11%), esto con la finalidad de determinar la proporcionalidad de la fauna y establecer las especies más frecuentes y dominantes en la zona. Se decidió utilizar al grupo de especies comunes para relacionar la estructura de la comunidad con los factores ambientales anteriormente definidos.
- La diversidad fluctuó de manera general entre valores de 2.8 a 3.8 natios/ind.
- Las especies abundantes fueron 11, las cuales dominan en toda la zona, entre ellas 4 especies fueron las más importantes Quinqueloculina, Cupuladria, Polinices y Triloculina quienes representaron el 46.41% del total de la fauna registrada. Las comunes fueron representadas por 95 taxones que en conjunto suman el 33.18% de la abundancia total, por último el grupo de las especies raras con 61 taxones, quienes representan solo el 1.11% de la abundancia total.
- La zona más costera presentó los valores de biomasa, abundancia, riqueza de especies y diversidad menor con relación a las estaciones más alejadas de la costa.
- En el área estudiada presenta alta complejidad estructural de la comunidad de invertebrados bentónicos marinos, la tendencia general entre las estaciones varió poco salvo algunas estaciones y que el patrón general de diversidad disminuye hacia las estaciones más costeras.
- Las estrategias alimentarias más frecuentes fueron omnívoros con 68 especies, 44 detritívoros, 43 carnívoros, 7 herbívoros y 5 parásitos. Esta estructura indica que es un ambiente altamente competitivo que los recursos alimentarios de cada especie condicionan el tamaño de la población. Un sistema que depende del aporte de ambientes costeros y oceánicos; incrementando su dinamismo y en sí mismo la fragilidad. El efecto directo sobre una o más poblaciones, repercutiría sobre toda la estructura comunitaria, amplificando el efecto de cualquier tipo de impacto.
- Se confirmó que el tipo de sedimento, la temperatura y la profundidad influyen grandemente en los procesos que determinan la estructura de la fauna. Es decir, se identificó que la distribución espacial de la fauna está definida, no solo por factores bióticos y abióticos, sino por la propia biología (dinámica) de los organismos.
- La mejor estrategia de análisis fue usar al grupo de especies comunes para tener una mejor representación de la estructura de la comunidad. Representa el 94.8% de la fauna que potencialmente podría llegar a observarse en el hábitat de estudio.
- Por ser un muestro puntual, no fue posible probar el nivel de correlación que estos factores biótico y abióticos tienen en la interacción comunidad-ambiente, por lo que en un futuro, deberá realizarse un trabajo más preciso en este contexto, si se quiere

conocer el funcionamiento del sistema y la manera en que este puede ser susceptible a procesos de alteración antrópica.

En la siguiente figura resumen de forma espacial el comportamiento del bentos en el área de estudio.

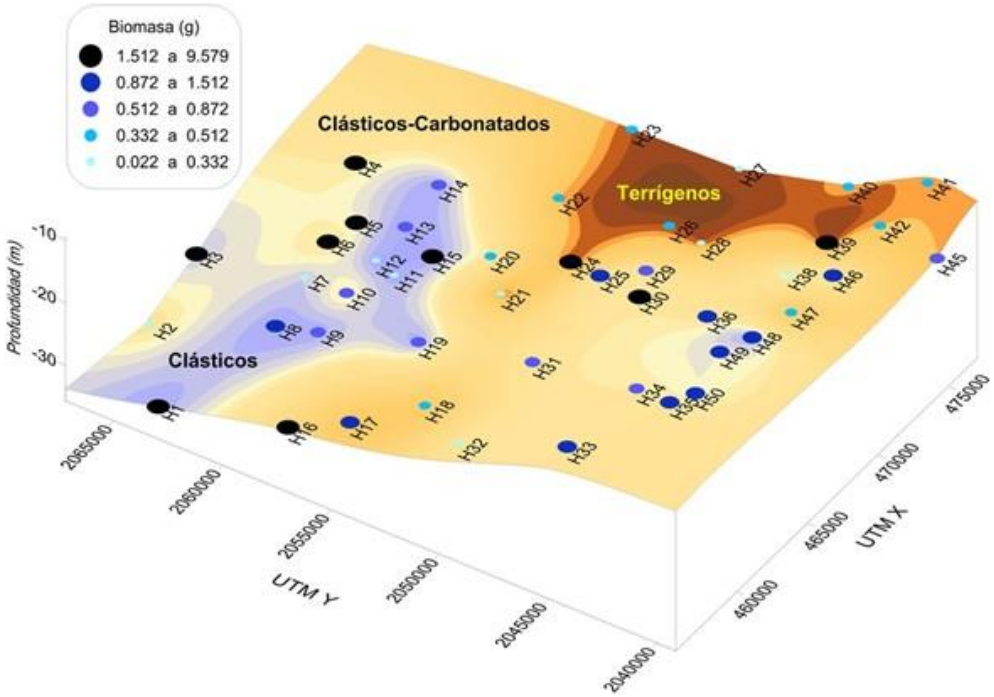


Figura IV. 96 Distribución de la biomasa con relación al tipo de sedimento

Macrobentos

En base a la información disponible de la zona de estudio que abarca el área del proyecto y su zona de influencia que resultó del análisis de las muestras de sedimentos colectadas en el crucero oceanográfico en febrero de 2016 en el área Hokchi y el área de influencia, la composición faunística de la zona comprende siete fila de invertebrados macrobentónicos: anélidos, crustáceos (Arthropoda), equinodermos, moluscos, nemátodos, sipuncúlidos y anfioxos (Cephalochordata).

En total, los anélidos representaron el 63.7% de la macrofauna (478 organismos), los nemátodos el 28.2% (212 organismos), los anfioxos el 3.2% (24 organismos) y los crustáceos y simpuncúlidos el 2.2 (17 organismos en cada filo), los otros grupos fueron escasos. En general, la predominancia de anélidos poliquetos se reflejó en todas las estaciones, seguidos de los nemátodos, mientras que la presencia de los demás grupos fue esporádica. Únicamente dos estaciones presentaron una proporción igual entre estos dos

grupos taxonómicos (C3 y S2), y sólo en dos estaciones se encontraron más nemátodos que poliquetos (C2 y O2),

En relación con los poliquetos, se recolectaron 22 familias, las mejor representadas en cuanto a su abundancia e incidencia en las estaciones fueron, en orden decreciente, Cirratulidae (99 individuos en 12 estaciones), Spionidae (87 individuos en 14 estaciones), Paraonidae (45 individuos en 12 estaciones), Glyceridae (41 individuos en 13 estaciones), Syllidae (36 individuos en 12 estaciones), Dorvilleidae (30 individuos en 13 estaciones) y Pisionidae (30 individuos en 9 estaciones)

La distribución particular de la abundancia de los poliquetos en cada estación fue variable, lo que puede observarse. Los anélidos fueron el componente dominante de la macrofauna bentónica, lo cual coincide con los registros de Salazar-Vallejo y Londoño Mesa (2004) para diferentes partes del mundo. Sin embargo, en este estudio destaca la abundancia de los nemátodos y la baja abundancia de crustáceos, equinodermos y moluscos. Los nemátodos son importantes como componentes de la meiofauna; sin embargo, eventualmente su tamaño puede superar el límite entre macro y meiofauna (0.5 mm).

En términos generales, las tres familias dominantes de anélidos fueron Cirratulidae, Spionidae y Paraonidae. Éstos organismos son habitantes de zonas impactadas por exceso de materia orgánica en el sedimento (Méndez 2002; Ferrando y Méndez 2011).

Aparentemente, por la composición faunística del macrobentos, el área de estudio se encuentra sujeta a diferentes condiciones de enriquecimiento orgánico: la zona central ligeramente contaminada, las zonas circundantes no contaminadas y la zona de transición entre ambas. Ver listado de macrobentos incluido en el Anexo No. 4.

Necton.

Los patrones espacio-temporales de este componente están correlacionados significativamente con los tres periodos climatológicos reconocidos en el Golfo de México; es decir, son altamente predecibles. La provincia carbonatada concentra los valores más altos de biomasa y diversidad y se reconoce una tendencia de incremento en la abundancia en la zona próxima al área de plataformas petroleras en la Sonda de Campeche. Este se puede interpretar por el efecto de santuario que representan las estructuras físicas de dichas instalaciones, y la transferencia de materiales orgánicos a través de la cadena trófica.

Es estudio del componente ictiofaunístico en el área del proyecto Hokchi y su zona de influencia hasta la zona costera dentro de profundidad máxima de 130 m registró un total de 102 son peces óseos y 6 elasmobranquios pertenecientes a 1 Phylum, 2 Clases, 21 Órdenes, 47 familias, 82 géneros y 108 táxones.

- Se clasificaron a todas las especies capturadas en gremios tróficos, el resultado identificó sólo dos estrategias alimentarias, la primera es que la gran mayoría eran carnívoras (96) y sólo 12 omnívoras.

- Las condiciones biológicas observadas en el presente trabajo y en comparación con trabajos en la región, nos permite establecer que la zona a pesar de ser un ambiente de sedimento costero, es muy compleja por toda la variedad de factores que ecológicamente permite considerarla como un ambiente muy dinámico y altamente diverso.
- La zona de estudio al ser dominada por especies con estrategia carnívoras es sostenida gracias a la abundancia alta de grupos como crustáceos, micro-crustáceos, poliquetos y peces pequeños. Lo que se traduce en que al existir abundante alimento, éste no ha recibido presiones externas que le han permitido la proliferación de especies que alimenta a los peces.

Sin embargo, otros estudios realizados (crucero oceanográfico en febrero de 2016 en el área Hokchi y el área de influencia) indican que en otras temporadas del año, la captura de número total de especies ha sido baja, lo que indica que el área ha sido fuertemente impactada por las actividades antropogénicas que se llevan a cabo en esa región del país. Por otra parte, varias de las especies capturadas son de cierta importancia comercial en la región, sobre todo para la pesca artesanal, en la denominada pesca de “escama”, que captura principalmente peces demersales. De lo anterior se deduce que es una zona con dominancia de especies demersales, una diversidad y riqueza baja en general, y que la ictiofauna a lo largo de la zona estudiada es la misma. Ver listado de ictiofauna incluido en el Anexo No. 4.

Especies en peligro (NOM-059-SEMARNAT-2010) del Sistema marino

En cuanto a la comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos (bentónica), ninguna de estas especies de invertebrados identificados ni fauna (nectónica) representada por especies de peces en el área y zona de influencia del proyecto estan citada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Cuadro IV. 54 Fauna marina bajo estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT

Fauna Marina			
Especie (nombre científico)	**Nombre común**	**Endémica**	**Categoría NOM-059 y CITES**
Lepidochelys kempii	Tortuga marina escamosa del Atlántico o tortuga lora	No	P
Chelonia mydas	tortuga marina verde del Atlántico o blanca	No	P
Eretmochelys imbricata	tortuga carey	No	P
Caretta caretta	tortuga caguama	No	P
Dermochelys coriacea	tortuga laúd	No	P

Categoría NOM-059-SEMARNAT-2010: **Peligro de Extinción (P)**, Amenazada (A) y Sujetas a Protección Especial (Pr) y CITES Apéndice I

Dentro de las especies marinas por su ubicación en toda la franja costera que abarca el SAR delimitado para el Proyecto, son las especies más sensibles ya que por su comportamiento tanto para su alimentación como para su reproducción tienden a arribar o adentrase en la arena e inclusive algunas de estas especies a adentrase al sistema lagunar que está incluido en el SAR en estudio. Sin embargo, aun siendo una especie que no presenta endemismo por su amplia distribución por el Atlántico, está catalogada como en peligro de extinción.

Tortugas Marinas.

La falta de monitoreo y de programas de conservación de tortugas marinas en el área de influencia ambiental del Proyecto Hokchi fue evidenciada con la escasa información publicada. Sin embargo, se documentó la presencia en dicha área de las cinco especies de tortugas marinas reportadas para la región del Golfo de México y Atlántico, ver siguiente figura. Las especies *Lepidochelys kempii* (tortuga lora), *Chelonia mydas* (tortuga blanca o verde), *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey), *Caretta caretta* (tortuga caguama) y *Dermochelys coriacea* (tortuga laúd) son las referenciadas para ésta zona.



Figura IV. 97 Distribución de especies de tortuga marina en el SAR del Proyecto
Fuente: Manifestación de Impacto Ambiental del Campo Hokchi

En el mismo estudio de la MIA del campo Hokchi indica que la distribución de tortugas registradas históricamente, fueron ubicadas de acuerdo a la zonificación de la playa realizada durante la prospección en campo realizada en febrero de 2016. Los registros en el mar, relacionados con las rutas migratorias y los hábitats de alimentación y desarrollo se muestran en la siguiente figura.



Figura IV. 98 Patron de distribución de tortuga marina en el SAR del Proyecto
Fuente: Manifestación de Impacto Ambiental del Campo Hokchi

En el mapa, se resalta que la zona marina-costera frente al sistema lagunar el Carmen-El Pajonal-La Machona y Mecoacán pueden considerarse áreas de alimentación y desarrollo de tortugas marinas. De acuerdo a la información disponible en la Manifestación de Impacto Ambiental del Campo Hokchi y su zona de influencia; así como complemento del presente estudio, la zona marina ubicada frente a la boca de la laguna el Carmen se identificó como zona de alimentación de las cinco especies que se encuentran en el Golfo de México, se indica que existe presencia de tortugas marinas dentro de la laguna y en el área marina circundante.

En cuanto a la fauna de ríos y en el sistema lagunar se han reportado la presencia de nutria, manatí, iguana, tortuga, y peces como el pejelagarto, bagre, robalo y mojarra; hacia el mar es común encontrar varias especies de camarón, huachinango y pargo (CONABIO, 1998).

IV.2.3 Paisaje

Para llevar a cabo la evaluación del paisaje, se dará un enfoque del efecto aglutinador considerando como el resultado conjunto de los factores ambientales tales como: relieve, pendientes, usos de suelo y vegetación, hidrología, etc., sin olvidar los factores intrínsecos que son el sujeto observador y el área del proyecto, destacando fundamentalmente sus cualidades visuales y espaciales.

Los paisajes a ser evaluados pueden ser tanto naturales como antrópicos, prestando especial atención a los grupos humanos como agentes transformadores de la dinámica físico-ecológica; es decir, la evaluación de un paisaje natural que podría proporcionar el estado de conservación de los ecosistemas, la salud de la vegetación, la integración de las comunidades animales, el uso y aprovechamiento del suelo y por lo tanto, el cuidado de la sociedad con su entorno al proveerse de los servicios ambientales sin causar desequilibrios ecológicos.

Cabe hacer notar que la evaluación de este elemento cobra mayor relevancia cuando los proyectos pretenden instalarse en áreas declaradas bajo algún estatus de protección, donde las afectaciones provocadas por el proyecto podrían resultar muy significativas.

Es importante hacer notar que a pesar de que el uso de suelo conforme a información de los mapas temáticos del INEGI y del municipio, ha sido clasificado como de agricultura, en trabajos de campo se corroboró que también existen áreas como de uso de ganadería con pastizal cultivado.

El presente proyecto no ha tomado ventaja de ésta clasificación, ya que dentro de su diseño incluye la conservación de áreas verdes como vista escénica y como zonas que pueden funcionar como mitigadoras para no disminuir la calidad del paisaje y también considera que las características de las construcciones incluyan franjas de amortiguamiento con vegetación local acorde a los esos usos de suelo de los alrededores, para que a la vista de propios y extraños este proyecto no presente un contraste significativo a los factores considerados para el análisis de este elemento aglutinador de las diferentes características del medio físico, así como su capacidad de asimilación de las nuevas instalaciones.

Metodología de evaluación

La metodología considerada es la de “Evaluación del Paisaje” de Andrés Muñoz-Pedreros (2004), considera los tres aspectos más importantes: la **visibilidad**, la **calidad paisajística (Visual)** y la **fragilidad visual**, la cual consiste en la clasificación de los componentes del paisaje y a través de Cuadros preestablecidas se consideran valores a los componentes ambientales que van de 3 cuando es alto, valor 2 cuando es medio y 1 cuando se trata de un valor bajo.

Para la evaluación del paisaje mediante esta metodología, se determinaron tres unidades de paisaje, las cuales se establecieron con base en aspectos visuales desde puntos estratégicos donde existe accesibilidad de los posibles observadores (Ver Figura IV.99). En el estado actual, estas unidades de paisaje se establecieron tomando en cuenta como

componente central el relieve con topoformas casi planas de pendientes menores al 5%, la vegetación en los lados observables donde predomina el cultivo de coco (Coco nusífera), pastizal cultivado e inducido y vegetación del tipo acahual (herbáceo-arbustivo). También se consideraron los contrastes que pueden existir con los componentes del paisaje de fondo en su conjunto.



Figura IV. 99 Área donde se ubicará la Planta Hokchi (Fracción "A y B"), donde se indican los puntos de observación de las 3 unidades de paisaje a evaluar.

Paisaje 1.- Unidad de paisaje de topoformas con pendientes menores a 5%, para las cuales se tomaron en consideración la vegetación predominante de pastizal cultivado y los cultivos de coco (*Coco nusífera*). Las colindancias observables hacia la izquierda con casas de la Ranchería Las Flores 2ª Sección. El uso de suelo actual es agrícola con pastizal cultivado (Ver Figura IV.100) principalmente.



Figura IV. 100 Vista hacia el Suroeste del predio donde se ubicará el Proyecto, donde se observa la vegetación predominante de pastizal y cultivos de coco.

Paisaje 2.- Unidad de paisaje por el lado sur del predio es de topoformas con pendientes menores a 5% como se observa en la imagen, al fondo los cultivos predominantes de coco y como vegetación secundaria de tipo acahual con estrato herbáceo-arbustivo (Ver Figura IV.101 a y b).



(a)



(b)

Figura IV. 101(a y b) Lado Sureste del Proyecto tomada desde la carretera Barra de Tupilco - Paraíso, donde se observa el lado sur-sureste del Predio con cultivos de coco y vegetación secundaria herbácea-arbustiva.

Paisaje 3.- Otra de las unidades de paisaje que podrían ser vistas desde la playa por el lado norte del predio, la cual colinda con el Golfo de México, donde sobresalen especies de vegetación costera. También se presenta otra imagen del predio vista por la parte noreste, donde sobresalen el paisaje con vegetación predominante de pastizal y cultivos de coco (Ver Figura IV.102 a y b).



(a)



(b)

Figura IV. 102 Imagen (a) Vista desde la Playa por el lado norte del Predio donde se observa la vegetación costera colindante, (b) parte noroeste con vegetación de pastizal y cultivo de coco

La evaluación de la visibilidad, la fragilidad y la calidad de las tres unidades de paisaje, se describen a continuación:

Visibilidad

Desde el lado Suroeste del proyecto, la visibilidad del Paisaje 1 es parcial, sin embargo por la cercanía de los posibles observadores, actualmente podrían percibir algunos detalles de la topografía del terreno casi plano sin elevaciones; así como también los detalles de la vegetación predominante de pastizal cultivado y cultivos de coco, el cual proporciona indicio de los efectos de la deforestación para uso principalmente de agricultura y en ocasiones de ganadería, donde los terrenos de uso agrícola presentan vegetación de tipo acahual con estrato herbáceo-arbustivo. Otro de los indicios que nos proporciona este paisaje es que presenta rasgos fisonómicos agrícolas y ganadería con paisaje de tipo rural que a futuro será transformado a unidades de paisaje de tipo industrial (Ver Figura IV.100).

La visibilidad del Paisaje 2 desde otro ángulo de los posibles observadores (lado Sureste), se perciben en primer plano los detalles de la topografía del terreno casi plana, así como también la vegetación herbácea-arbustiva producto de la transformación del uso de suelo a que ha sido sometido el paisaje (Ver 102 a y b).

Otro de los puntos de observación en el Paisaje 3, es por la Playa ubicada en la parte norte del Predio, desde donde se percibe un paisaje propio de las zonas costeras donde es común las plantaciones de cocos y vegetación costera colindante. Al fondo el predio con cultivos de coco y vegetación secundaria pastizal inducido y con estrato herbáceo- arbustivo (Ver la Figura IV.103 a y b).

Calidad paisajística (Visual)

Para el análisis de la calidad visual del paisaje, se utilizaron las imágenes presentadas anteriormente y con apoyo de los recorridos realizados por los accesos actuales en la periferia cercana al Proyecto. Las imágenes presentadas, muestran la relación directa y representatividad de los diferentes ángulos; así como las distancias posibles de apreciación con la finalidad de tener un mayor soporte del análisis de la topografía, vegetación y fauna inclusive en el área y sus alrededores. Para obtener una valoración nominal por este método indirecto, se utilizó una lista de adjetivos basados en la *"Escala Universal de Fines"* establecida en la misma metodología de evaluación del paisaje (Cuadro IV.55.), la cual nos da una calificación del paisaje en el área del proyecto.

Paisaje 1, en la escala de calificativos de Muñoz-Pedreros para esta Unidad de Paisaje se le asignó un calificativo de sin interés, el cual coincide con la Escala Universal de Fines, debido principalmente a sus rasgos geomorfológicos que no presentan contornos con vistas atractivas por la fragmentación de la vegetación primaria, dando lugar al pastizal y a especies secundarias en estrato herbácea-arbustivas; así como de la escasa fauna propia de estos ecosistemas alterados por las actividades antropogénicas, estas zonas y sus alrededores no son de interés histórico para los observadores.

Paisaje 2, Del mismo modo, esta Unidad de Paisaje presenta características similares que la Unidad de Paisaje 1, con la diferencia que en ésta podría volverse monótona para los observadores que habitan y colindan con la parte Sur-Sureste del Proyecto.

Paisaje 3, haciendo alusión a esta Unidad de Paisaje, para la mayoría de los observadores podría denotarse de acuerdo a la escala de calificativos y escala de universal de valores como vista aceptable y agradable, debiéndose a sus rasgos casi naturales para los observadores encontrar paisajes costeros con cultivos de coco principalmente.

A continuación se presenta una lista de adjetivos jerarquizados (Sensu Muñoz-Pedreros et al 1993) y su correlación con la escala universal de valores (Sensu Fines 1968), VP= Valor del paisaje; Así como la valoración de las Unidades de Paisaje del Proyecto.

Cuadro IV. 55 Evaluación del Paisaje con la Escala de calificativos de Muñoz-Pedreros y la Escala Universal de Valores de Fines

Escala de calificativos (Muñoz-Pedreros et al. 1993)		Escala universal de valores (Fines 1968)		Evaluación del Paisaje 1, 2 y 3		
VP	**Adjetivos**	**VP**	**Categoría**	**1**	**2**	**3**
1	Insoportable	0	Feo			
2	Horrible	0.25				
3	Desagradable	0.5				
4	Pésimo	0.75				
5	Feo	1.0				
6	Triste	1.10	**Sin interés**			
7	Pobre	1.25				
8	Frío	1.50				
9	**Monótono**	**1.75**			**1.75**	
10	**Sin interés**	**2.0**		**2**		
11	Común	2.10	**Agradable**			
12	Sencillo	2.50				
13	Pasable	3.0				
14	Regular	3.50				
15	**Aceptable**	**4.0**				**4**
16	Interesante	4.1	Distinguido			
17	Grato	5				
18	Agradable	6				
19	Conservado	7				
20	Singular	8				
21	Variado	8.1	Fantástico			
22	Estimulante	10				
23	Bonito	12				
24	Hermoso	14				
25	Precioso	16				
26	Estupendo	16.1	Espectacular			
27	Soberbio	20				

Escala de calificativos (Muñoz-Pedreros et al. 1993)		Escala universal de valores (Fines 1968)		Evaluación del Paisaje 1, 2 y 3		
VP	Adjetivos	VP	Categoría	1	2	3
28	Maravilloso	24				
29	Fantástico	28				
30	Espectacular	30				

Con base en los valores de calidad visual de la lista anterior podemos asumir que:

- El Paisaje 1 y 2 podrían calificarse con los adjetivos de: **Sin interés**, y **Monótono**, correspondiéndole un valor del paisaje (**VP**) de **2.0** y **1.75** respectivamente.

Estos valores son el reflejo de sus características ecológicas alteradas que presenta el área de estudio por las diversas actividades a que se ha dedicado el predio en el transcurso del tiempo (agrícola) y algunas zonas a actividades pecuarias, lo cual se debe principalmente a la desmedida perturbación a que fueron sometidos los ejidos sin cuidar la sustentabilidad de dichas actividades mermando así a través de los años a la vegetación primaria y a la fauna silvestre hasta volverse muy escasas en el área del Proyecto y sus alrededores.

- El Paisaje 3, con respecto a la escala de valores de calidad visual podría alcanzar una categoría de **Aceptable y agradable** con un valor de **VP = 4**, debiéndose principalmente a la percepción que podrían tener los observadores sobre este tipo de paisajes costeros donde existe vegetación cultivada o natural con palmeras o cocos; así como de la vegetación próxima a la playa.

Asociando estos valores obtenidos con los valores nominales o valores numéricos que se indican a continuación en el Cuadro IV.56:

Cuadro IV. 56 Valor nominal y valor numérico del paisaje

(Sensu Muñoz-Pedreros et al 1993)			Calidad Visual 1, 2 y 3		
Rango de VP	Valor nominal	Valor numérico	1	2	3
0 - 2	Baja	1	**2**	**1**	
2.1 - 8	Media	2			**2**
8.1 - 32	Alta	3			

Evaluación

- Para las Unidades de Paisajes 1 y 2, la **calidad visual** es **Baja** con un **valor nominal de 1**. Este análisis indirecto se basó principalmente en la existencia de vegetación de agricultura y pastizal con vegetación secundaria de tipo acahual dentro del área del proyecto, resaltando sus atributos del relieve casi plano y los detalles aparentes que podrían ser apreciados por los observadores a distancias menores a 100 metros. Finalmente otro de los aspectos importantes para la evaluación de la calidad del paisaje fue tomando en cuenta la clasificación de uso de suelo actual de agricultura conforme al mapa temático del INEGI.
- Del mismo modo, para el **Paisaje 3** resulta que la **calidad visual** es **Media** correspondiéndole un valor **numérico de 2**, el cual se debe principalmente a sus atributos aparentes que podrían ser observados desde la playa como vegetación costera sin importar si es cultivada, inducida o natural.

Fragilidad del paisaje

Para definir la capacidad de cómo el paisaje absorbe las nuevas instalaciones del proyecto o los cambios originados por este, se considera que todos los elementos ambientales con los que interactúa el proyecto deben analizarse (suelo, estructura y diversidad de la vegetación, contraste cromático, rasgos morfológicos etc.), sin olvidar la variable más importante a considerar que es la frecuencia de la presencia humana que transita por el lado Sur-Suroeste y por la playa en el lado norte. Para las Unidades de Paisaje 1y 2 donde la frecuencia de tránsito es mayor; así como para el Paisaje 3 con visitas temporales en época vacacional.

La fragilidad del paisaje se estimó empleando la metodología de Muñoz-Pedreros 2004, basado en Escribano et al (1991), metodología que da como resultado la fragilidad visual en función de los factores biofísicos que ponderan la fragilidad visual del área de estudio y el carácter histórico cultural que pondera los valores singulares del paisaje según la escasez, su valor tradicional o de interés histórico. La aplicación de la metodología permite darle valores de fragilidad (VF) a cada unidad de paisaje (VP) según la siguiente ecuación:

$$VFVP = \sum f / nf$$

Donde:

VFVP es el Valor de Fragilidad Visual del Punto, es igual a la sumatoria de los factores biofísicos ***f*** evaluados y ***n*** el número de factores considerados. Los valores para cada factor fluctúan entre 1 y 3, **C** es un código asignado a cada factor definido por Muñoz-Pedreros 2004.

Consideraciones para la Fragilidad del paisaje:

Con base en los factores de fragilidad visual y los factores biofísicos considerados que se describen a continuación se calcula el **Valor de Fragilidad Visual** de las Unidades de Paisaje 1, 2 y 3.

Paisaje 1.- Con apoyo de la imagen presentada para este caso y de los recorridos por el área del Proyecto, se observa que la densidad de vegetación cubierta con especies leñosas es muy baja y de acuerdo a la metodología, le corresponde un valor entere 0-34%, estratos de vegetación menos de 3, altura promedio de la vegetación menor a 1 m, la vegetación dominante es perennifolia, contraste monocromática de la vegetación donde prevalece el color verde, el contraste visual vegetación-suelo es bajo, las pendientes suaves en el área del proyecto están en el rango de 0-5%, con orientación del paisaje hacia el noreste, finalmente considerando que el valor histórico cultural en el área de estudio es bajo.

Paisaje 2.- De la imagen presentada para esta Unidad de Paisaje y con los recorridos durante los trabajos de campo, se observa también que la densidad de vegetación cubierta con especies leñosas caen en el rango mayor a 34%, estratos de vegetación menos de 3, altura promedio de la vegetación hasta 3 metros, la vegetación dominante es caducifolia, contraste monocromática de la vegetación donde prevalece el color verde, el contraste visual vegetación-suelo es bajo, las pendientes suaves en el área del proyecto están en el rango de 0-25%, con orientación del paisaje hacia el Noroeste, finalmente considerando que el valor histórico cultural en el área de estudio es bajo.

Paisaje 3.- Finalmente desde la imagen se observa que la densidad de vegetación cubierta con especies leñosas es mayor que los casos anteriores, alcanzando un rango de 67 al 100%, se observa un estrato arbóreo (colindancia con el río Jamapa) con altura de la vegetación mayor a 3 metros, la estacionalidad de la vegetación es mixta por encontrarse próximo al río Jamapa donde existen especies perennes, prevaleciendo el color verde dando un contraste monocromática de la vegetación, el contraste visual vegetación-suelo medio, las pendientes suaves en el área del proyecto están en el rango de 0-25%, con orientación del paisaje hacia el este y finalmente considerando que el valor histórico cultural en la ribera del río podría catalogarse como alto, debido a la importancia de conservación para los tres niveles de gobierno.

En el Cuadro IV.57. se presentan los factores de Fragilidad Visual de Muñoz-Pedreros para evaluar la Fragilidad Visual del Paisaje del Área donde se ubicarán las instalaciones terrestres:

Cuadro IV. 57 Factores de fragilidad visual de Muñoz-Pedreros (2004) y Valores de Fragilidad del Paisaje del Área del Proyecto

Muñoz-Pedreros (2004)						Valor de Fragilidad del Paisaje 1, 2 y 3		
Factor	C	Características		Valor de fragilidad				
				Nominal	Numérico	1	2	3
Densidad de vegetación	D	Suelo cubierto con especies leñosas	67-100%	Bajo	1			
			34-67%	Medio	2		2	2
			0-34%	Alto	3	3		
Diversidad de estratos de la vegetación	E	Estratos vegetación	más de 3	Bajo	1			
			menos de 3	Medio	2		2	2
			Solo 1	Alto	3	3		
Altura de la vegetación	A	Altura promedio	más de 3 m	Bajo	1		1	1
			>1 m y < 3 m	Medio	2			
			menos de 1 m	Alto	3	3		
Estacionalidad de la vegetación	ES	Vegetación dominante	Perennifolia	Bajo	1	1	1	1
			Mixta	Medio	2			
			Caducifolia	Alto	3			
Contraste cromático vegetación/ vegetación	CV	Manchas	Policromática, sin pauta nítida	Bajo	1			
			Policromática, con pauta nítida	Medio	2	2		
			Monocromáticas	Alto	3		3	3
Contraste cromático vegetación/ suelo	CS	Contraste visual	Bajo	Bajo	1			
			Moderado	Medio	2			
			Alto	Alto	3	3	3	3
Pendiente	P	Porcentaje	0 - 25%	Bajo	1	1	1	1
			25 - 55%	Medio	2			
			Más de 55%	Alto	3			
Orientación del paisaje	O	Exposición	Norte / Este	Bajo	1			1
			Suroeste /Noroeste	Medio	2	2	2	
			Suroeste	Alto	3			
Valor histórico cultural	H	Unicidad, Singularidad y/o valor	Baja	Bajo	1			
			Media	Medio	2	2	2	2
			Alta	Alto	3			
				$VFVP = \sum f / nf$		2.2	1.9	1.8

Del cuadro y de acuerdo a la ecuación, el Valor de Fragilidad Visual de las unidades de paisaje son: Paisaje 1 ≈ **2.2**, Paisaje 2 ≈ **1.9** y Paisaje 3 ≈ **1.8**, lo cual les corresponde un VP nominal **medio**.

Los criterios para la clasificación final, se determinaron de acuerdo con el Cuadro IV.58.

Cuadro IV. 58 Usos recomendados según calidad y fragilidad visual (Muñoz-Pedreros 2004)

Clase	Características		Usos recomendados
	Calidad Visual	Fragilidad Visual	
1	Alta	Alta	Conservación
2	Alta	Media	Turismo/recreación de bajo impacto.
3	Alta/Media	Baja	Turismo-recreación
4	Media	Alta/Media	Según estudios más profundos puede incorporarse a la clase 2 ó 1
5	Baja	Alta/Media	Según estudios más profundos puede incorporarse a la clase 6
6	Baja	Baja	Localización de actividades de alto impacto visual

Con la combinación de la **calidad visual** que resultó para cada una de las unidades de paisaje y los valores nominales de **fragilidad visual**, dan como resultado final:

Paisaje 1 y **2** Calidad Visual Bajo y Fragilidad Visual Media, de acuerdo a el cuadro anterior el uso recomendado es según estudios más profundos puede incorporarse a la clase 6; es decir, pueden llevarse a cabo actividades de alto impacto visual.

Paisaje 3 Calidad Visual media y Fragilidad Visual media, de acuerdo a el cuadro anterior el uso recomendado es que en el sitio podrían llevarse a cabo actividades de bajo impacto visual (recreación).

Conclusión

De lo anterior podemos concluir que en la parte norte del predio cercano a la playa, el proyecto tendrá que incluir medidas que mitiguen el impacto visual a observadores, lo cual podría ser conservado una franja con vegetación existente o cultivando vegetación costera que también funcionaría como medida para evitar la erosión eólica.

IV.2.4 Factores Socioeconómicos del SAR (Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla)

El Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado para el presente proyecto, incluye cuatro municipios (Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla). Sin embargo a continuación se describe en primera instancia el municipio de Paraíso debido a que parte del Proyecto (instalaciones terrestres) se ubicarán en la zona costera de dicho Paraíso.

Otra de las consideraciones se debe a que los impactos directos que el proyecto podría tener por sus actividades de infraestructura, necesidad de servicios, etc., posibles afectaciones en su entorno, serán directamente en las comunidades de sus alrededores y en la cabecera municipal del mismo municipio que es la ciudad de Paraíso.

Municipio de Paraíso

El municipio de Paraíso tiene una superficie de 406.85 km², el porcentaje de superficie que representa con respecto al estado es el 1.65%, cuenta con 40 localidades, la población total al 2010 es de 86,620 habitantes (42,887 hombres y 43,733 mujeres) la cabecera municipal es la ciudad de Paraíso, la cual cuenta con una población de 25,186 habitantes, información basada en informe de SEMARNAT, CONABIO e INEGI.

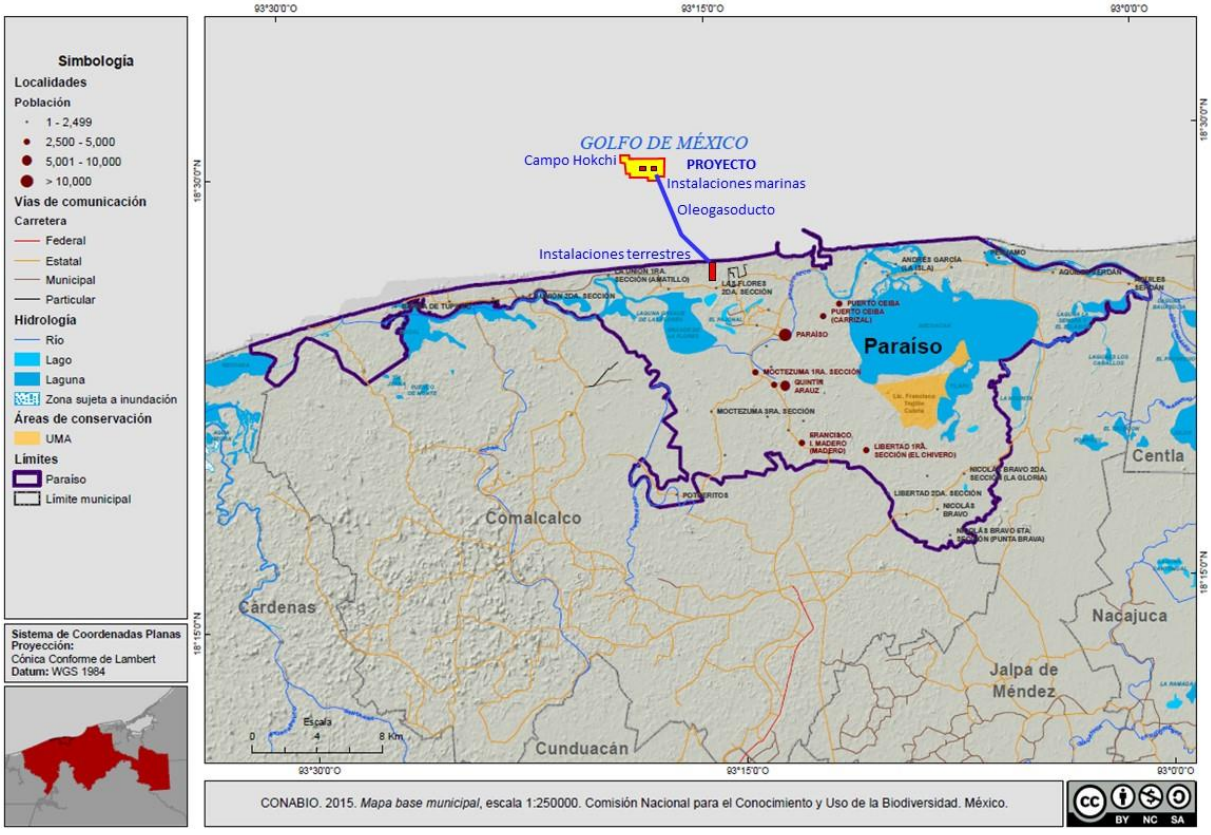


Figura IV. 103 Mapa de ubicación del municipio de Paraíso, Tabasco

Población y demografía municipal

De la misma fuente se tiene que la población total y por sexo es la siguiente:

Cuadro IV. 59 Población total y por sexo del municipio

Sexo/Año	1990	1995	2000	2005	2010
Hombres	29,234	32,642	34,906	38,900	42,887
Mujeres	29,169	32,624	35,858	39,619	43,733
Total	58,403	65,266	70,764	78,519	86,620

Tendencia de crecimiento poblacional

La tendencia de crecimiento poblacional se indica en la siguiente figura:

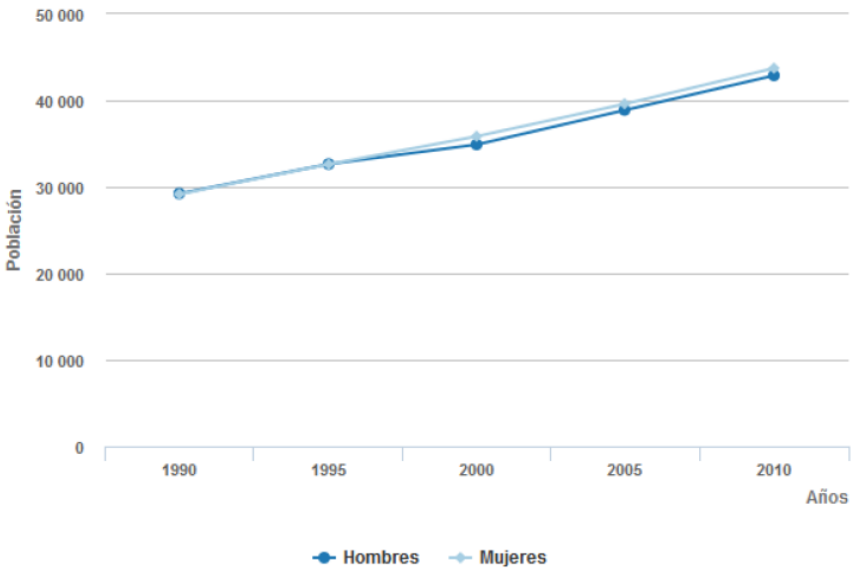


Figura IV. 104 Tendencia de crecimiento de la población

Lo que indica que en los censos de población de las últimas décadas ha sido de crecimiento lento. Los indicadores de población son los siguientes:

Cuadro IV. 60 Indicadores de población del municipio

Sexo/Año	1995	2000	2005	2010
Densidad de población del municipio (Hab/Km²)	161	176	193	213
Porcentaje de población con respecto al estado	3.73	3.74	3.95	3.87
Relación hombres/mujeres	100	97	98	98

La tendencia del indicador de densidad de población es como se indica a continuación:

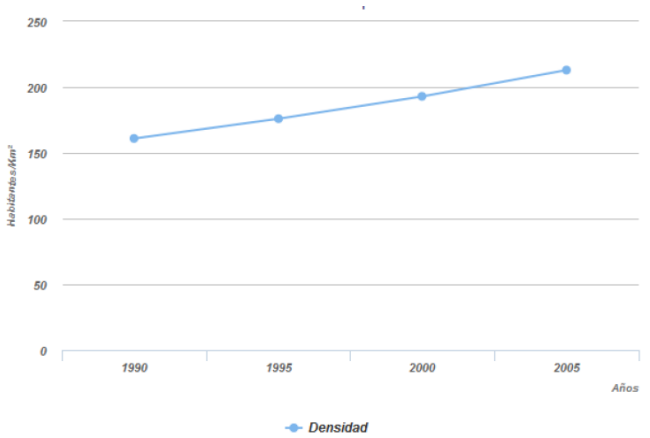


Figura IV. 105 Tendencia de crecimiento de densidad de población

La distribución y estructura de la población por sexo y edad, incluye la población económicamente activa es como se indica en la siguiente figura:

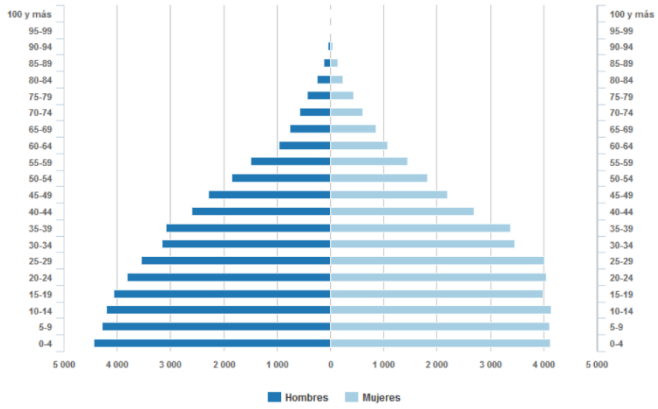


Figura IV. 106 Distribución de la población

Población indígena

La distribución de la población de 3 años y más, según condición de habla indígena y español, en el último censo de 2010, el indicador total de hombres y mujeres fue el siguiente:

Cuadro IV. 61 Distribución de la población de 3 años y más en el municipio

Indicador	Total	Hombres	Mujeres
Población de 3 años y más	79,912	39,433	40,479
Población que habla lengua indígena	186	104	82
Habla español	103	58	45
No habla español	0	0	0
No especificado	83	46	37
Población que no habla lengua indígena	79,424	39,175	40,249
No especificado	302	154	148

Indicadores de población indígena reportada y lenguas indígenas habladas:

Cuadro IV. 62 Indicadores de la población indígena

Tipología indígena	Población indígena
Grado de marginación	Bajo
Población total	86,620
Población indígena	521
Diferencia	86,099
Porcentaje	1

Cuadro IV. 63 Lenguas indígenas habladas en el municipio

Lengua	Total	Hombre	Mujeres
Habla lengua indígena	186	104	82
Chol (Ch´ol)	5	0	2
Chontal de Tabasco	4	2	2
Lengua indígena no especificada	77	43	34
Maya	11	8	3
Mazateco	3	3	0
Mixteco	3	0	3
Náhuatl	9	5	4
Totonaca (Totonaco)	4	2	2
Tzotzil (Tsotsil)	7	5	2
Zapoteco	60	34	26
Zoque	3	2	1

Índice de migración

La intensidad de migración a nivel municipal hacia los Estados Unidos es “muy bajo”, en el contexto estatal ocupa el noveno lugar y en el contexto nacional el 2220.

Población económicamente activa

A continuación se proporciona la distribución de la población del municipio por condición de actividad económica y sexo.

Cuadro IV. 64 Población económicamente activa del municipio, 2010

Indicadores de participación económica	Total	Hombres	Mujeres
Población de 12 años y más	64,459	31,548	32,911
Población Económicamente Activa (PEA)	29,816	22,645	7,171
Ocupada	27,970	21,065	6,905
Desocupada	1,846	1,580	266
Población no económicamente activa (PEI)	34,207	8,601	25,606
No especificado	436	302	134

Nota: La población económicamente activa son las personas de 12 años y más que trabajaron, tenían trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia.

La población económicamente no activa son las personas de 12 años y más pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tenían alguna limitación física o mental permanente que le impide trabajar.

Ocupación según el sector de actividad económica:

Cuadro IV. 65 Ocupación y distribución según el sector

Población ocupada	Sector de actividad económica				
	Primario	Secundario	Comercio	Servicios	No especificado
26,275	6,640	6,081	2,511	10,286	757
Porcentaje	25.27	23.14	9.56	39.15	2.88

Ocupación de la población y su distribución porcentual según división ocupacional.

Cuadro IV. 66 Población ocupada y su distribución porcentual según división ocupacional

Población ocupada	Sector de actividad económica				
	Profesionistas, técnicos y administrativos	Trabajadores agropecuarios	Trabajadores en la industria	Comerciantes y trabajadores en servicios diversos	No especificado
26,275	5,524	6,401	5,058	8,370	922
Porcentaje	21.02	24.36	19.25	31.86	3.51

Sector productivo

A continuación se proporcionan algunos datos de lo que representa el sector productivo a nivel municipal, de los que sobresalen:

Sector agrícola temporada Otoño-invierno

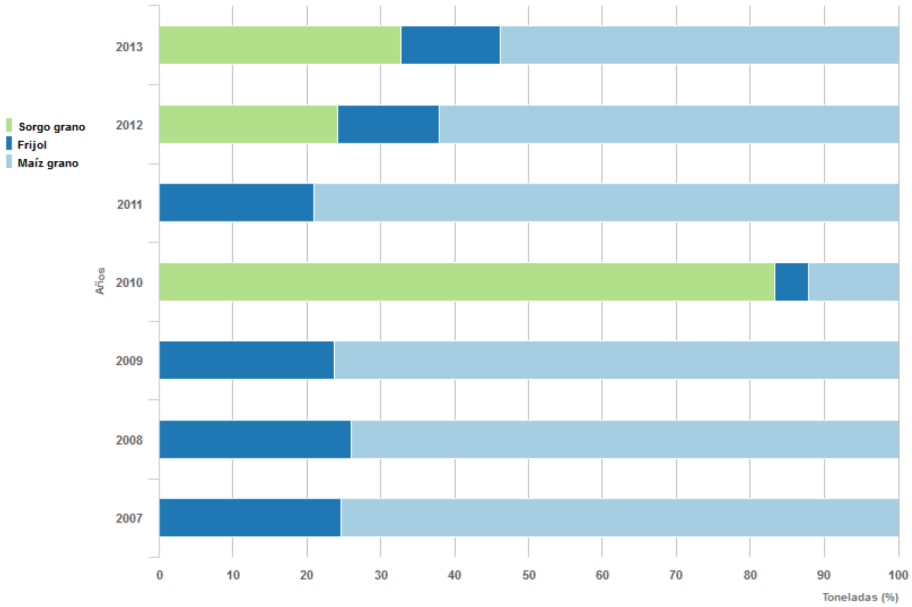


Figura IV. 107 Producción agrícola de temporal Otoño-invierno

Sector agrícola temporada Primavera- verano

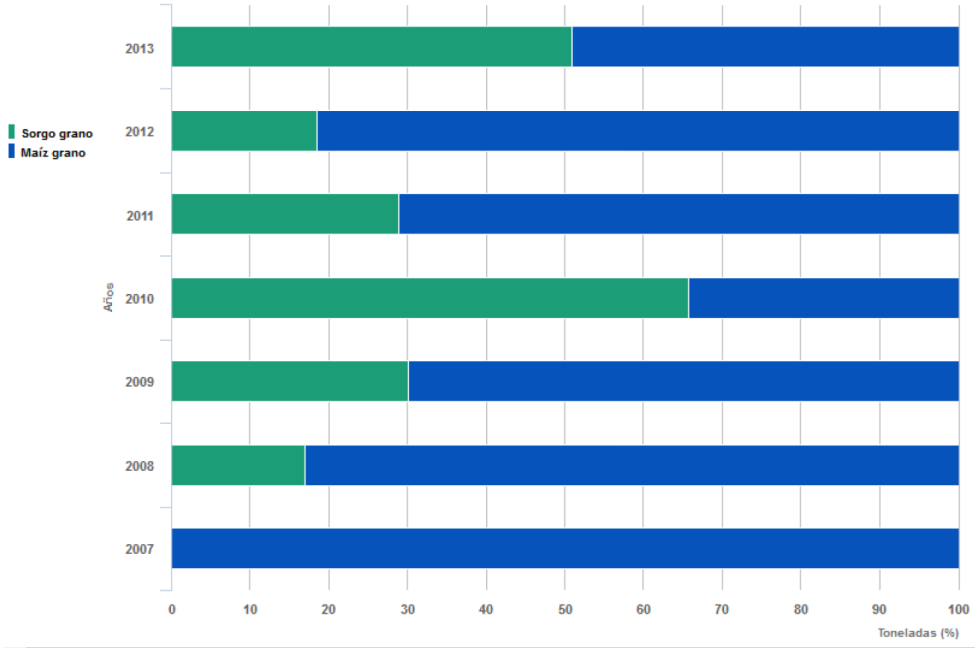


Figura IV. 108 Producción agrícola de temporal Primavera- verano

Sector agrícola cultivo Perene

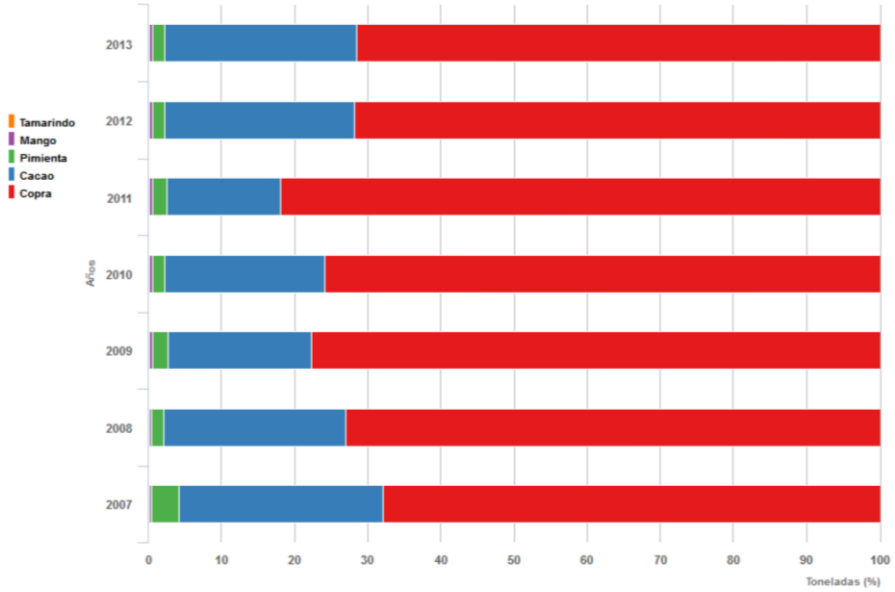


Figura IV. 109 Producción agrícola de Perene

Sector Pecuario

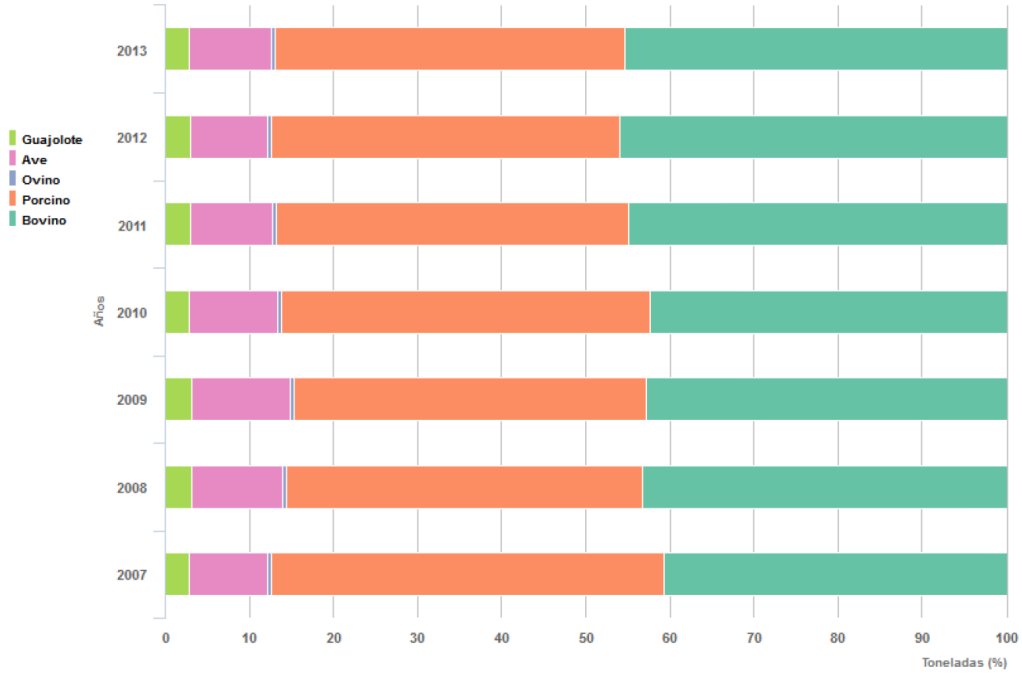


Figura IV. 110 Producción Pecuaria

Vivienda y pobreza a nivel municipal

A continuación se presentan algunos datos sobre indicadores vivienda y pobreza reportados en el documento de INEGI, SEMARNAT Y CONABIO, ya mencionado.

Cuadro IV. 67 Indicadores de vivienda y pobreza

Indicador de pobreza	Personas	Porcentaje	Carencias	Intensidad
Población total	85,321	100	0.0	0.0
Pobreza	53,987.00	63.30	2.50	0.27
Pobreza extrema	11,882.00	13.90	3.60	0.08
Pobreza moderada	42,105.00	49.30	2.20	0.18
Vulnerables por carencia social	21,787.00	25.50	2.20	0.00
Vulnerables por ingreso	3,576.00	4.20	0.00	0.00
No pobres y no vulnerables	5,971.00	6.10	0.00	0.00
Rezago educativo	17,238.00	20.20	0.00	0.00
Carencia por acceso a los servicios de salud	16,312.00	19.10	0.00	0.00
Carencia por acceso a la seguridad social	70,130.00	82.20	0.00	0.00
Carencia por calidad y espacios de la vivienda	15,183.00	17.80	0.00	0.00
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	37,015.00	43.40	0.00	0.00
Carencia por acceso a la alimentación	29,991.00	35.20	0.00	0.00
Población con al menos una carencia social	75,774.00	88.80	0.00	0.00
Población con tres o más carencias sociales	34,779.00	40.80	0.00	0.00
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar	57,563.00	67.50	0.00	0.00
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo	20,352.00	23.90	0.00	0.00

Del cuadro anterior, se observa que el 49.3% de la población vive en pobreza moderada, lo que indica que gran parte de ésta podría requerir de mejores salarios o fuentes de empleo a nivel municipal.

Analfabetismo

Finalmente, otro de los temas principales que se aborda es el de la cantidad de personas que no saben leer ni escribir de la población mayor a 15 años. De un total de población de 59,583 personas, 2767 no saben leer ni escribir, lo que representa el 4.64% de la población total. Distribuida en 1,030 hombres y 1,737 mujeres que no saben leer ni escribir.

Marginación y rezago social

Los índices de marginación y rezago social reportados hasta el último censo del INEGI del 2010, el índice de marginación fue -1.03, lo que representó un Grado de marginación Bajo con un índice de rezago social de -1.18 y un grado de rezago social Muy bajo.

Cultural

Grupos religiosos

En la región, la principal religión que se profesa es la católica, aunque existen diversos grupos religiosos tanto protestantes y evangélicos como aquellas religiones bíblicas no evangélicas.

Tipos de organizaciones sociales predominantes

En el municipio de Paraíso, Tabasco, se encuentran legalmente integradas diversas Asociaciones, organizaciones y cámaras de productores, comerciantes y prestadores de servicios, entre las que destacan las siguientes: Sindicato de Trabajadores Petroleros de la República Mexicana (STPRM) Sección 50, Confederación Nacional Campesina (CNC), Sindicato de Trabajadores de la Construcción, Perforación, Obra Mecánica y de Transporte de Personal de la Industria y Comercio Conexos, Sindicato de Trabajadores Marítimos, Sindicato Petrolero de la Sección 47, Obra civil y Mecánica, Perforación Maniobrista y Similares, Asociaciones Ganaderas, entre otras.

Municipio de Cárdenas

El municipio de Cárdenas se encuentra al Oeste del municipio de Paraíso a donde pretenden ubicarse las instalaciones terrestres. Este municipio fue seleccionado como parte del SAR por su colindancia hacia el oeste de las futuras instalaciones terrestres en la franja costera desde la desembocadura del río Tonalá, pasando por el complejo sistema lagunar el Carmen, Pajonal, La Machona, La Redonda; así como la barra de Tupilco ya dentro del municipio de Paraíso.

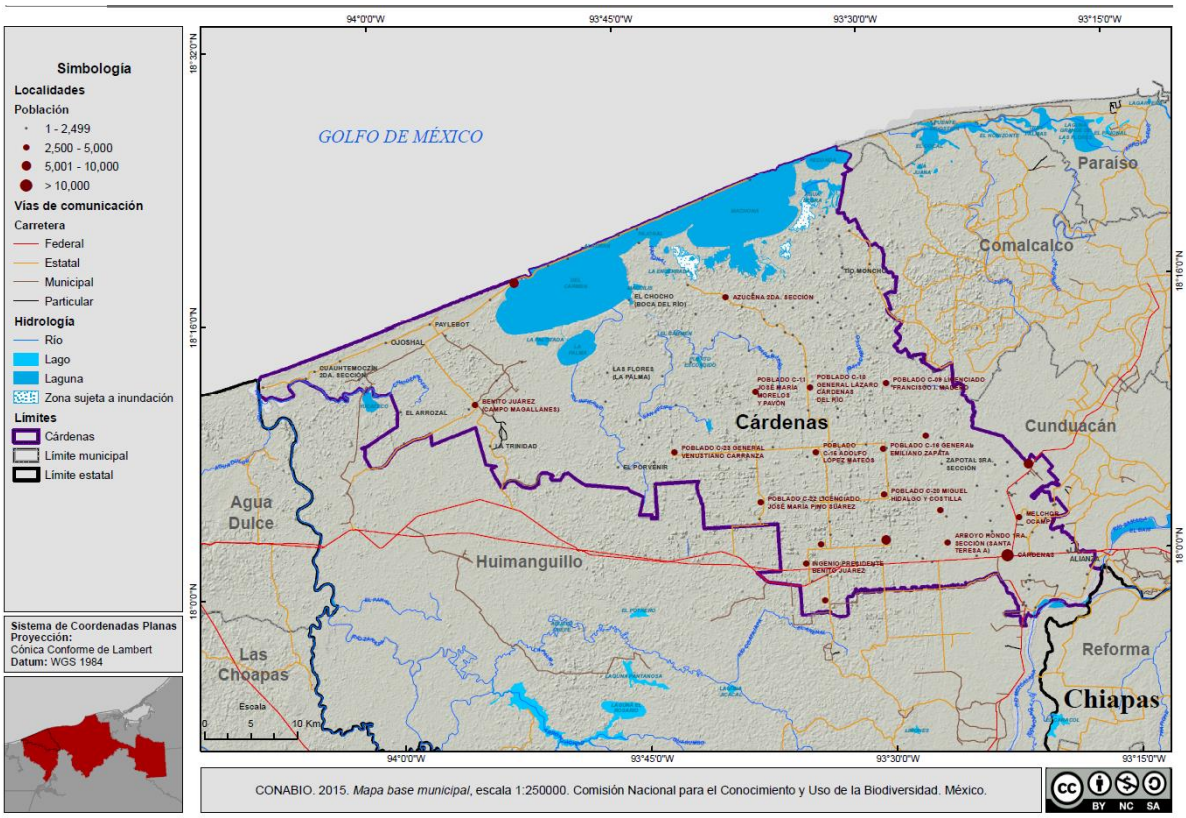


Figura IV. 111 Mapa de ubicación del municipio de Cárdenas, Tabasco

Es importante mencionar que estas zonas sensibles ambientalmente hablando, por las diversas actividades que se llevan a cabo en la zona costera y el sistema lagunar, tanto de pesquería como de cultivo ostrícola entre otros, así como de la gran biodiversidad que aún subsisten y que pudieran existir interacciones del proyecto con estos elementos ambientales, principalmente si existiera algún derrame considerable en las instalaciones marinas incluidas en el proyecto durante las actividades de perforación o de producción de crudo principalmente, los cuales se verían influenciados por las corrientes marinas y dirección de vientos reinantes y que serían transportados hasta su posible arribo a las zonas

costeras si no se tomaran medidas preventivas o respuesta a emergencias de forma inmediata.

El municipio de Cárdenas tiene una superficie de 2,044.44 km², el porcentaje de superficie que representa con respecto al estado es el 8.28%, cuenta con 172 localidades, la población total al 2010 es de 248,481 habitantes (95,084 hombres y 97,718 mujeres) la cabecera municipal es la ciudad de Cárdenas, la cual cuenta con una población de 91,558 habitantes, información basada en informe de SEMARNAT, CONABIO e INEGI.

Población y demografía municipal

De la misma fuente se tiene que la población total y por sexo es la siguiente:

Cuadro IV. 68 Población total y por sexo del municipio

Sexo/Año	1990	1995	2000	2005	2010
Hombres	86,470	102,350	107,305	107,557	122,234
Mujeres	86,165	102,460	109,956	112,006	126,247
Total	172,635	204,810	217,261	219,563	248,481

Tendencia de crecimiento poblacional

La tendencia de crecimiento poblacional se indica en la siguiente figura:

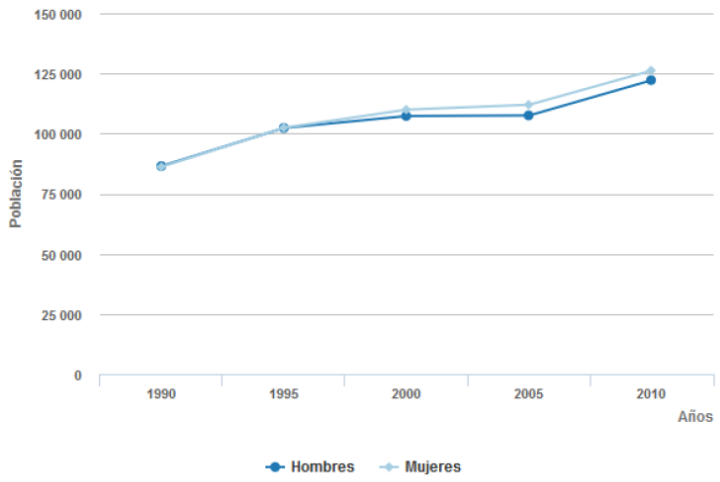


Figura IV. 112 Tendencia de crecimiento de la población

Lo que indica que en los censos de población de las últimas décadas ha sido de crecimiento lento. Los indicadores de población son los siguientes:

Cuadro IV. 69 Indicadores de población del municipio

Sexo/Año	1995	2000	2005	2010
Densidad de población del municipio (Hab/Km²)	102	107	107	122
Porcentaje de población con respecto al estado	11.71	11.48	11.03	11.10
Relación hombres/mujeres	100	98	96	97

La tendencia del indicador de densidad de población es como se indica a continuación:

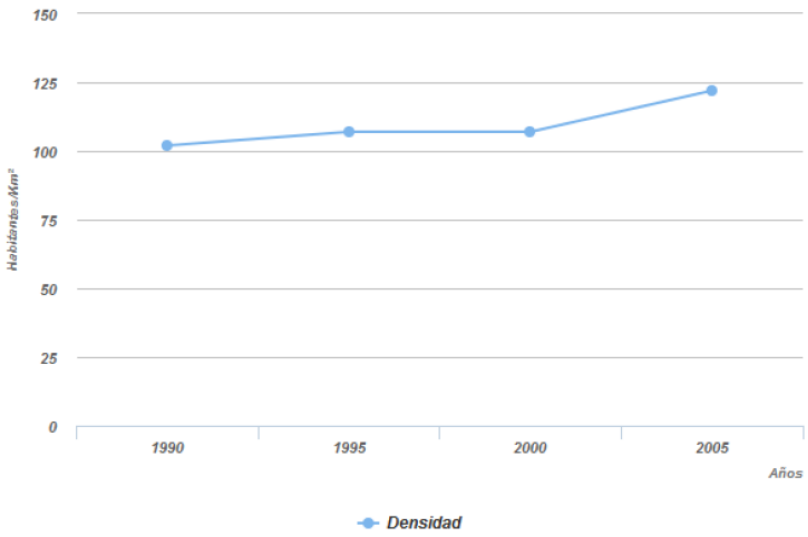


Figura IV. 113 Tendencia de crecimiento de densidad de población

La distribución y estructura de la población por sexo y edad, incluye la población económicamente activa es como se indica en la siguiente figura:

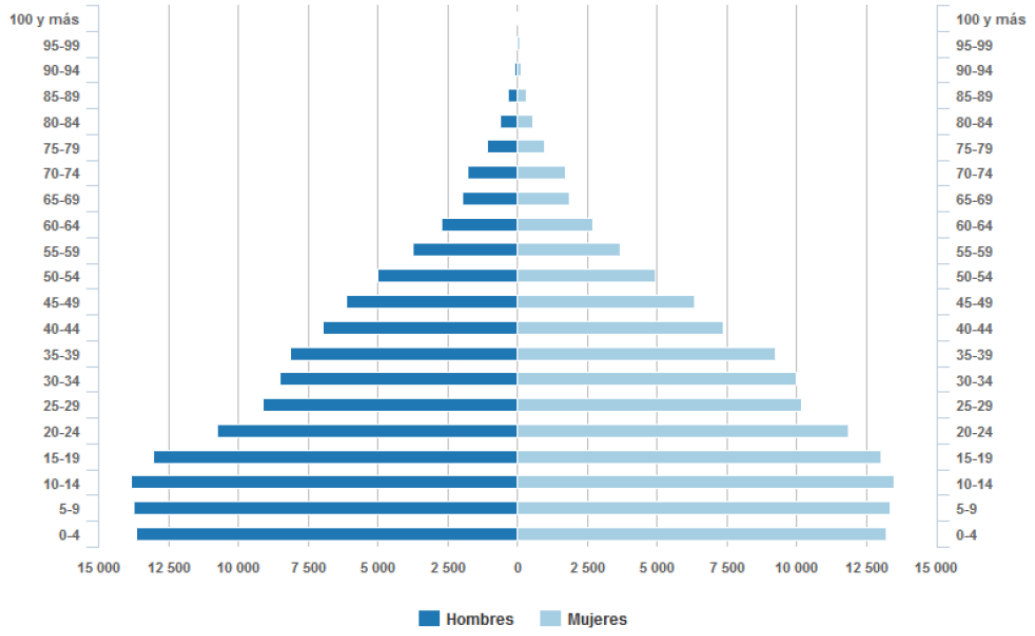


Figura IV. 114 Distribución de la población

Población indígena

La distribución de la población de 3 años y más, según condición de habla indígena y español, en el último censo de 2010, el indicador total de hombres y mujeres fue el siguiente:

Cuadro IV. 70 Distribución de la población de 3 años y más del municipio

Indicador	Total	Hombres	Mujeres
Población de 3 años y más	230,525	113,115	117,410
Población que habla lengua indígena	1,021	576	445
Habla español	729	407	322
No habla español	6	2	4
No especificado	286	167	119
Población que no habla lengua indígena	227,808	111,656	116,152
No especificado	1,696	883	813

Indicadores de población indígena reportada y lenguas indígenas habladas:

Cuadro IV. 71 Indicadores de la población indígena

Tipología indígena	Población indígena
Grado de marginación	Medio
Población total	248,481
Población indígena	2,995
Diferencia	245,486
Porcentaje	1

Cuadro IV. 72 Lenguas indígenas habladas en el municipio

Lengua	Total	Hombre	Mujeres
Habla lengua indígena	1,021	576	445
Chinanteco	1	0	1
Chol (Ch´ol)	37	18	19
Chontal	1	1	0
Chontal de Tabasco	65	49	16
Huave	1	1	0
Huichol	2	0	2
Kanjobal (Q´anjob´al)	1	0	1
Lengua indígena no especificada	236	136	100
Maya	117	75	42
Mazahua	5	4	1
Mazateco	2	0	2
Mixe	18	12	6
Mixteco	42	22	20
Mixteco de la mixteca baja	1	0	1
Náhuatl	205	101	104
Popoloca	1	0	1
Popoluca	1	0	1
Tojolabal	2	1	1
Totonaca (Totonaco)	6	6	0
Triqui	1	1	0
Tzeltal (Tseltal)	41	20	21
Tzotzil (Tsotsil)	28	17	11
Zapoteco	143	82	61
Zoque 65	30	35	

Índice de migración

La intensidad de migración a nivel municipal hacia los Estados Unidos es “muy bajo”, en el contexto estatal ocupa el cuarto lugar y en el contexto nacional el 2,017.

Población económicamente activa

A continuación se proporciona la distribución de la población del municipio por condición de actividad económica y sexo.

Cuadro IV. 73 Población económicamente activa del municipio, 2010

Indicadores de participación económica	Total	Hombres	Mujeres
Población de 12 años y más	181,473	88,234	93,239
Población Económicamente Activa (PEA)	84,545	65,267	19,278
Ocupada	80,575	61,878	18,697
Desocupada	3,970	3,389	581
Población no económicamente activa (PEI)	95,793	22,302	73,491
No especificado	1,135	665	470

Nota: La población económicamente activa son las personas de 12 años y más que trabajaron, tenían trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia.

La población económicamente no activa son las personas de 12 años y más pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tenían alguna limitación física o mental permanente que le impide trabajar.

Ocupación según el sector de actividad económica:

Cuadro IV. 74 Ocupación y distribución según el sector

Población ocupada	Sector de actividad económica				
	Primario	Secundario	Comercio	Servicios	No especificado
72,246	18,367	14,653	13,241	24,754	1,231
Porcentaje	25.42	20.28	18.33	34.26	1.70

Ocupación de la población y su distribución porcentual según división ocupacional.

Cuadro IV. 75 Población ocupada y su distribución porcentual según división ocupacional

Población ocupada	Sector de actividad económica				
	Profesionistas, técnicos y administrativos	Trabajadores agropecuarios	Trabajadores en la industria	Comerciantes y trabajadores en servicios diversos	No especificado
72,246	16,424	17,255	11,997	25,202	1,368
Porcentaje	22.73	23.88	16.61	34.88	1.89

Sector productivo

A continuación se proporcionan algunos datos de lo que representa el sector productivo a nivel municipal, de los que sobresalen:

Sector agrícola temporada Otoño-invierno

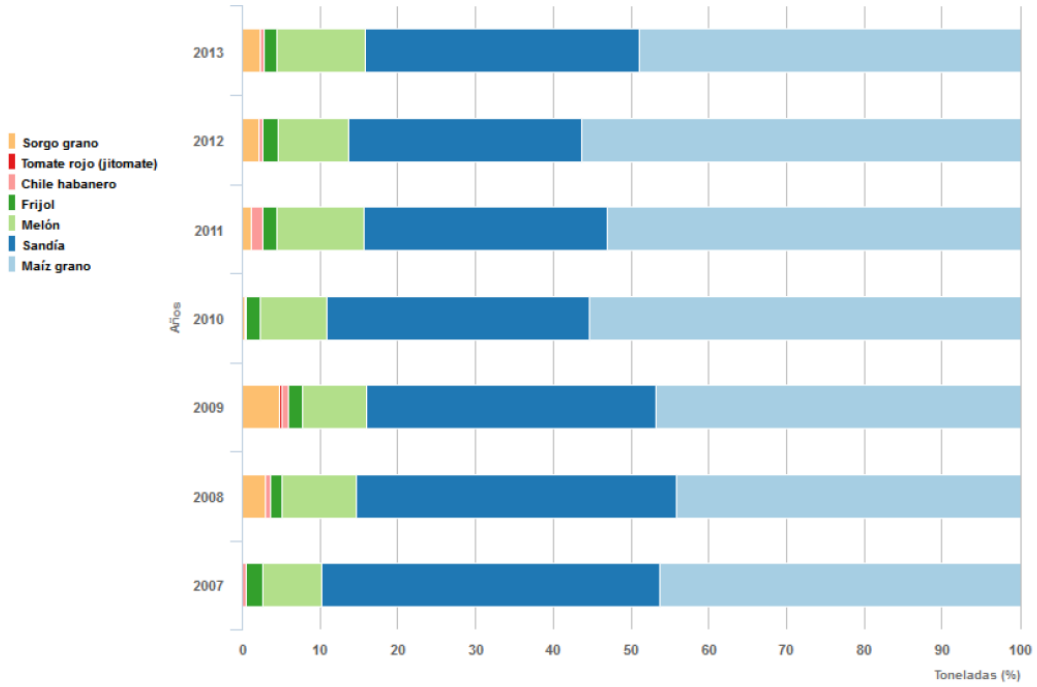


Figura IV. 115 Produccion agrícola de temporal Otoño-invierno

Sector agrícola temporada Primavera- verano

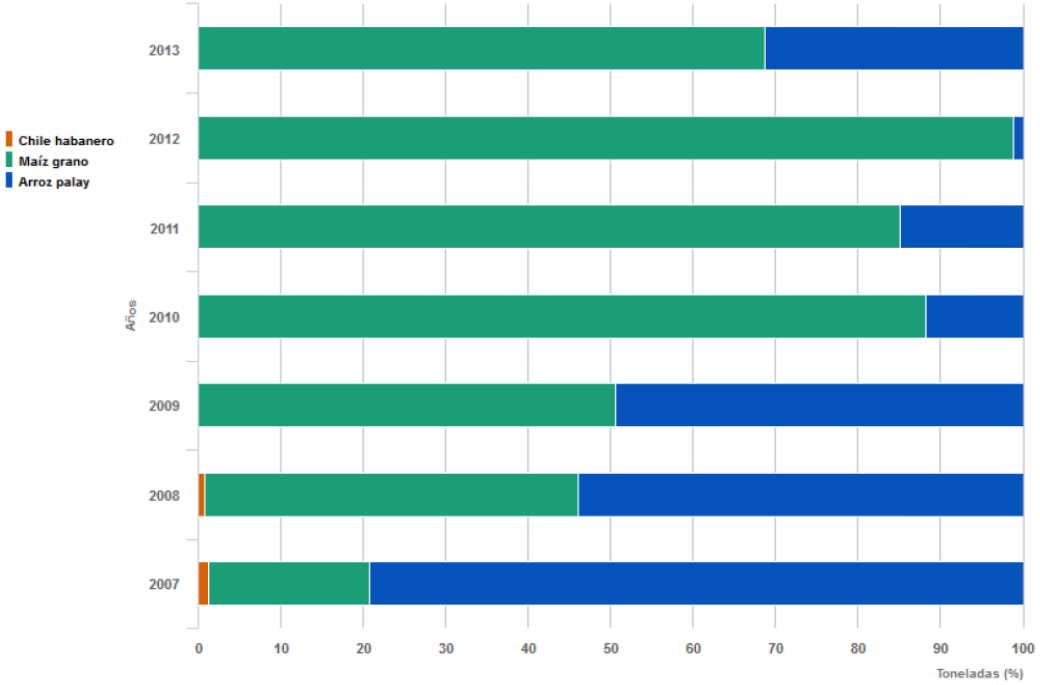


Figura IV. 116 Produccion agrícola de temporal Primavera- verano

Sector agrícola cultivo Perene

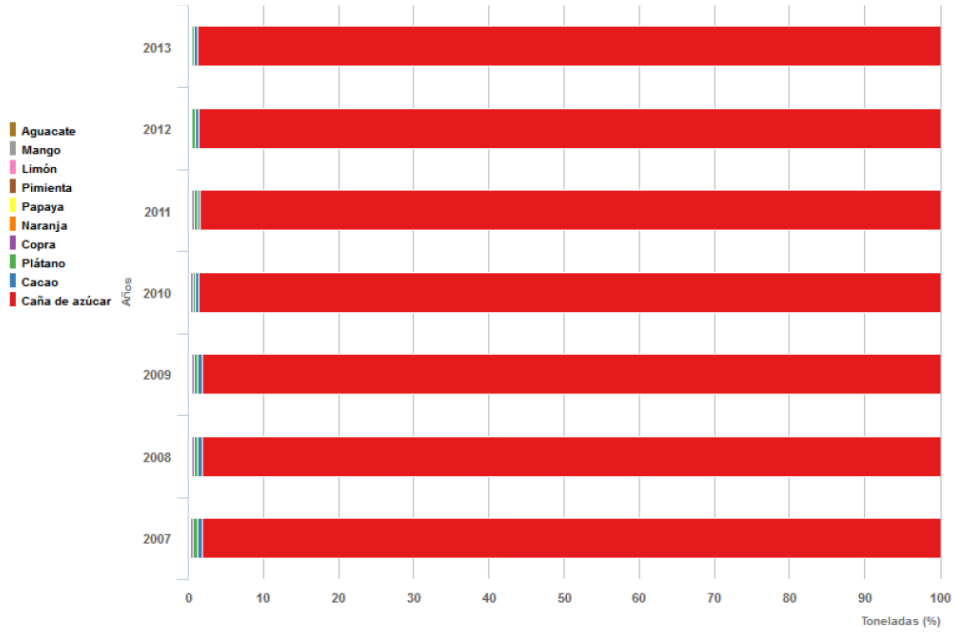


Figura IV. 117 Producción agrícola de Perene

Sector Pecuario

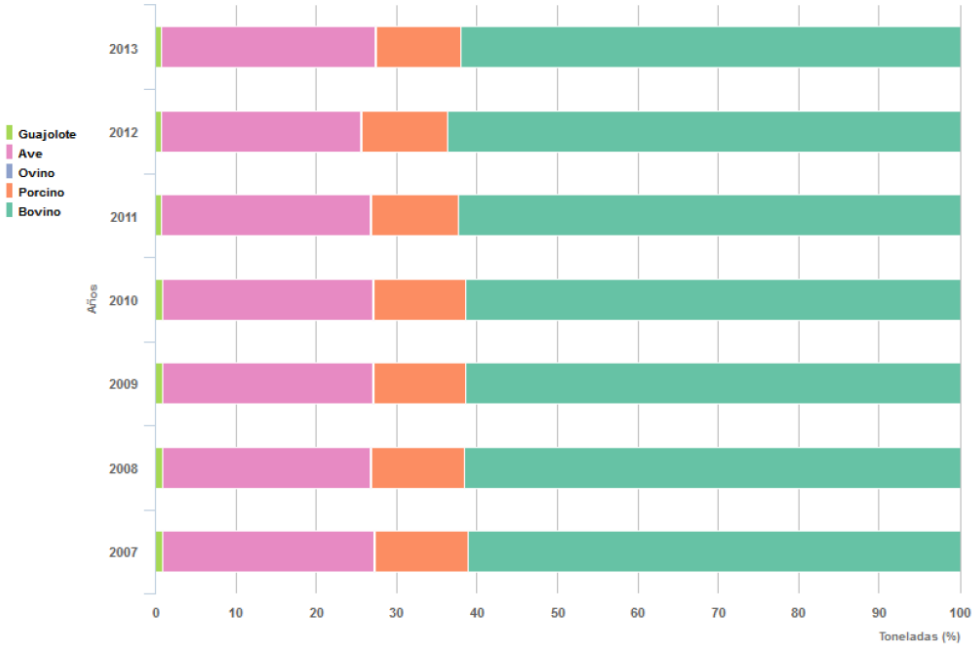


Figura IV. 118 Producción Pecuaria

Vivienda y pobreza a nivel municipal

A continuación se presentan algunos datos sobre indicadores vivienda y pobreza reportados en el documento de INEGI, SEMARNAT Y CONABIO, ya mencionado.

Cuadro IV. 76 Indicadores de vivienda y pobreza

Indicador de pobreza	Personas	Porcentaje	Carencias	Intensidad
Población total	231,617	100	0.0	0.0
Pobreza	151,222.00	65.30	2.90	0.31
Pobreza extrema	47,207.00	20.40	3.80	0.13
Pobreza moderada	104,015.00	44.90	2.50	0.18
Vulnerables por carencia social	49,703.00	21.50	2.30	0.00
Vulnerables por ingreso	12,182.00	5.30	0.00	0.00
No pobres y no vulnerables	18,510.00	7.10	0.00	0.00
Rezago educativo	50,758.00	21.90	0.00	0.00
Carencia por acceso a los servicios de salud	53,495.00	23.10	0.00	0.00
Carencia por acceso a la seguridad social	167,398.00	72.30	0.00	0.00
Carencia por calidad y espacios de la vivienda	48,521.00	20.90	0.00	0.00
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	132,312.00	57.10	0.00	0.00
Carencia por acceso a la alimentación	95,612.00	41.30	0.00	0.00
Población con al menos una carencia social	200,925.00	86.70	0.00	0.00
Población con tres o más carencias sociales	110,839.00	47.90	0.00	0.00
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar	163,404.00	70.50	0.00	0.00
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo	67,795.00	29.30	0.00	0.00

Del cuadro anterior, se observa que el 44.9% de la población vive en pobreza moderada, lo que indica que gran parte de ésta podría requerir de mejores salarios o fuentes de empleo a nivel municipal.

Analfabetismo

Finalmente, otro de los temas principales que se aborda es el de la cantidad de personas que no saben leer ni escribir de la población mayor a 15 años. De un total de población de 165,094 personas, 12,142 no saben leer ni escribir, lo que representa el 7.35% de la población total. Distribuida en 4,819 hombres y 7,323 mujeres que no saben leer ni escribir.

Marginación y rezago social

Los índices de marginación y rezago social reportados hasta el último censo del INEGI del 2010, el índice de marginación fue -0.57, lo que representó un Grado de marginación Medio con un índice de rezago social de -0.68 y un grado de rezago Muy bajo.

Cultural

Cuenta con una Museo Carlos Pellicer que está ubicado en la ciudad de Heroica Cárdenas, donde se exhiben obras del poeta, fotografías y piezas arqueológicas de la cultura olmeca. También cuenta con un mural: "La Evolución del Hombre", de Ponce Montuy, en el museo Carlos Pellicer; así como con un Centro Cultural Cárdenas

La zona Arqueológica cuenta con un museo de sitio en el que se exhiben piezas y mascarones encontrados en la zona arqueológica.

Así como numerosos sitios turísticos ubicados en la zona costera de la Laguna el Carmen, Pajonal y la Machona.

Grupos religiosos

En la región, la principal religión que se profesa es la católica, aunque existen diversos grupos religiosos tanto protestantes y evangélicos como aquellas religiones bíblicas no evangélicas.

Tipos de organizaciones sociales predominantes, tales como: Sindicato de Trabajadores Maniobristas y Repartidores de Carga d Descarga, Sindicato de Telefonista de La República, Unión de Ejidos de Producción Agropecuaria del Plan Chontalpa Cardenas d Huimanguillo, Asociación Agrícola Local de Productores de Arroz, Sindicato Nacional de Trabajadores de La Sagarpa, Sindicato de Trabajadores Petroleros de La República Mexicana H Sección 26, Unión de Campesinos y Grupo Agropecuario, A.C., Sindicato Único de Trabajadores al Servicio del Estado, Sindicato de Trabajadores de la Industria Azucarera de la República, entre otros.

Municipio de Comalcalco

El municipio de Comalcalco se encuentra al sur del municipio donde se pretenden ubicar las instalaciones terrestres en la franja costera de Paraíso. Este municipio fue seleccionado por su colindancia hacia el sur y una porción por el lado oeste de la franja costera cercana, donde pudieran existir interacciones del proyecto con algunos de sus elementos ambientales, principalmente en al agua, vegetación terrestre y fauna presente en la franja costera de dicho municipio.

El municipio de Comalcalco tiene una superficie de 766.16 km², el porcentaje de superficie que representa con respecto al estado es el 3.10%, cuenta con 118 localidades, la población total al 2010 es de 192,802 habitantes (95,084 hombres y 97,718 mujeres) la cabecera municipal es la ciudad de Comalcalco, la cual cuenta con una población de 41,468 habitantes, información basada en informe de SEMARNAT, CONABIO e INEGI.

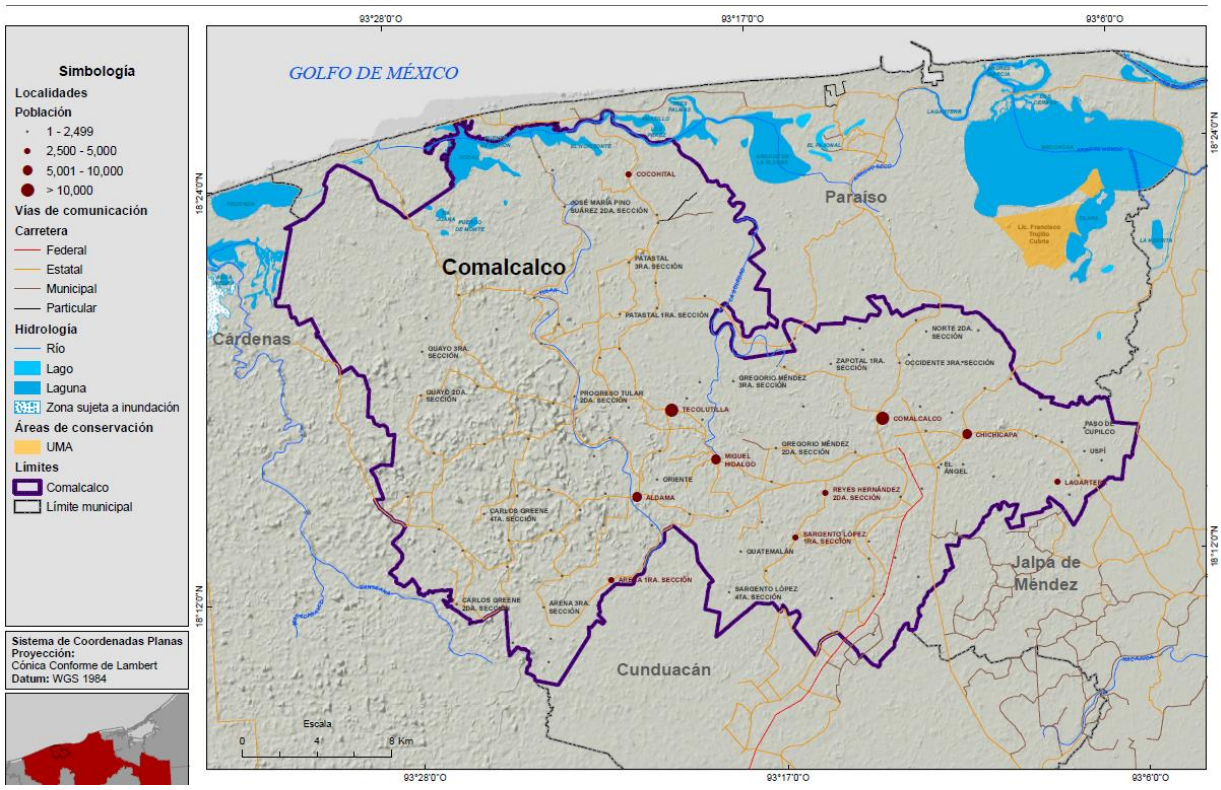


Figura IV. 119 Mapa de ubicación del municipio de Comalcalco, Tabasco

Población y demografía municipal

De la misma fuente se tiene que la población total y por sexo es la siguiente

Cuadro IV. 77 Población total y por sexo municipio

Sexo/Año	1990	1995	2000	2005	2010
Hombres	70,609	78,164	81,299	85,645	95,084
Mujeres	70,676	78,170	83,338	88,128	97,718
Total	141,285	156,334	164,637	173,773	192,802

Tendencia de crecimiento poblacional

La tendencia de crecimiento poblacional se indica en la siguiente figura:

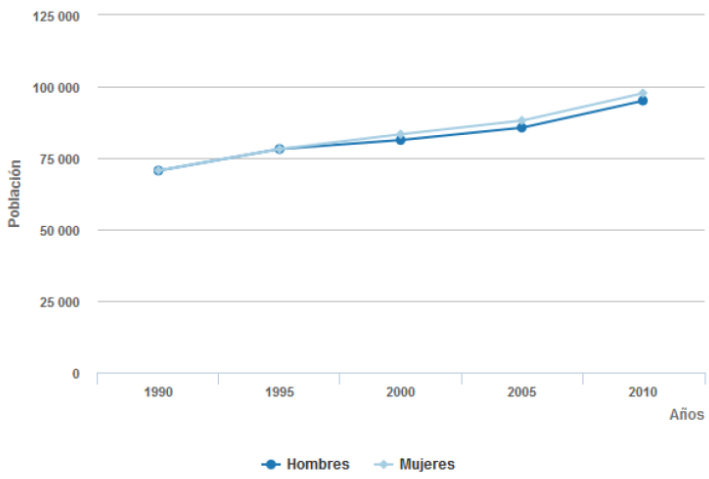


Figura IV. 120 Tendencia de crecimiento de la población

Lo que indica que en los censos de población de las últimas décadas ha sido de crecimiento lento. Los indicadores de población son los siguientes:

Cuadro IV. 78 . Indicadores de población del municipio

Sexo/Año	1995	2000	2005	2010
Densidad de población del municipio (Hab/Km²)	204	212	227	252
Porcentaje de población con respecto al estado	8.94	8.70	8.73	8.61
Relación hombres/mujeres	100	98	97	97

La tendencia del indicador de densidad de población es como se indica a continuación:

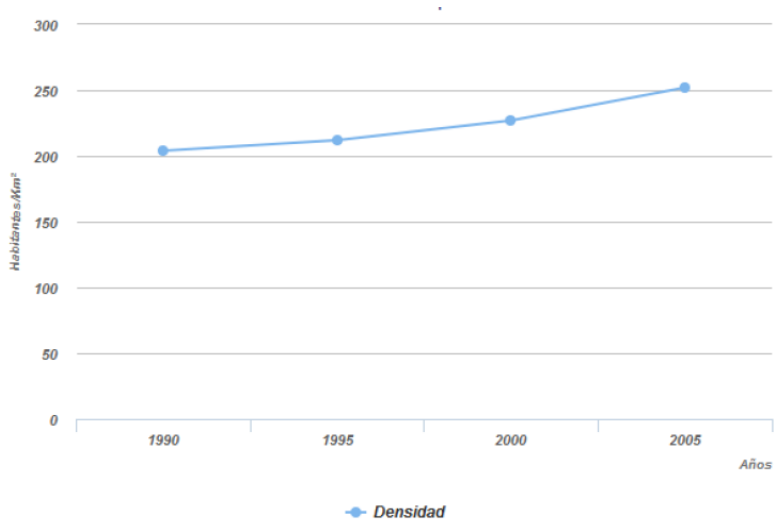


Figura IV. 121 Tendencia de crecimiento de densidad de población

La distribución y estructura de la población por sexo y edad, incluye la población económicamente activa es como se indica en la siguiente figura:

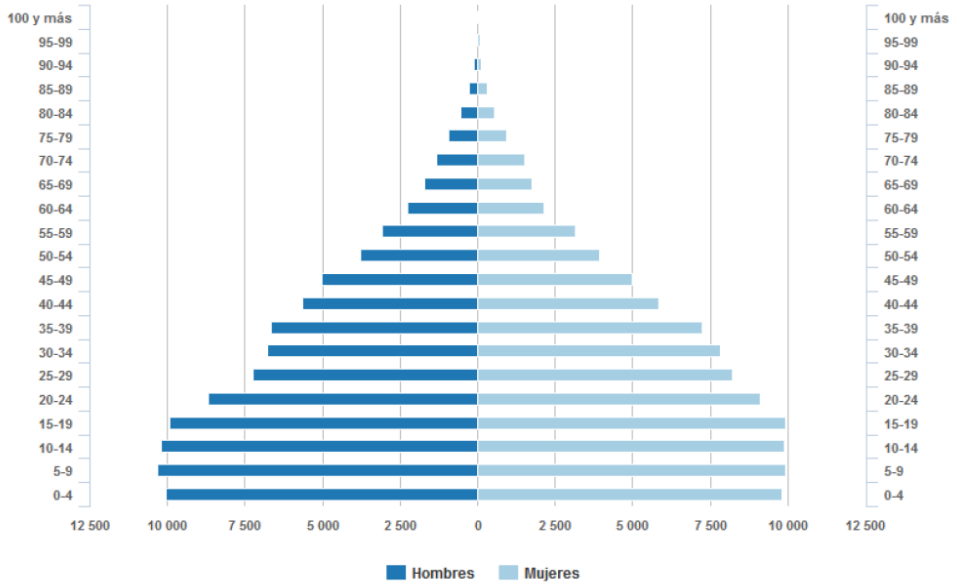


Figura IV. 122 Distribución de la población

Población indígena

La distribución de la población de 3 años y más, según condición de habla indígena y español, en el último censo de 2010, el indicador total de hombres y mujeres fue el siguiente:

Cuadro IV. 79 Distribución de la población de 3 años y más del municipio

Indicador	Total	Hombres	Mujeres
Población de 3 años y más	180,391	88,750	91,641
Población que habla lengua indígena	565	320	245
Habla español	355	203	152
No habla español	1	0	1
No especificado	209	117	92
Población que no habla lengua indígena	178,933	87,987	90,946
No especificado	893	443	450

Indicadores de población indígena reportada y lenguas indígenas habladas:

Cuadro IV. 80 Indicadores de la población indígena

Tipología indígena	Población indígena
Grado de marginación	Medio
Población total	192,802
Población indígena	1,472
Diferencia	191,330
Porcentaje	1

Cuadro IV. 81 Lenguas indígenas habladas en el municipio

Lengua	Total	Hombre	Mujeres
Habla lengua indígena	565	320	245
Chinanteco	1	0	1
Chol (Ch´ol)	29	16	13
Chontal de Tabasco	50	32	18
Huave	1	0	1
Kekchi (Q´eqchí´)	1	0	1
Lengua indígena no especificada	195	116	79
Mame (Mam)	1	0	1
Maya	52	29	23
Mayo	1	1	0
Mazateco	4	3	1
Mixe	4	2	2
Mixteco	25	12	13
Náhuatl	105	56	49
Otomí	2	2	0
Popoluca	1	1	0
Tojolabal	1	0	1
Totonaca (Totonaco)	10	4	6
Tzeltal (Tseltal)	11	2	9
Tzotzil (Tsotsil)	34	23	11
Zapoteco	33	18	15
Zoque	4	3	1

Índice de migración

La intensidad de migración a nivel municipal hacia los Estados Unidos es “muy bajo”, en el contexto estatal ocupa el cuarto lugar y en el contexto nacional el 1936.

Población económicamente activa

A continuación se proporciona la distribución de la población del municipio por condición de actividad económica y sexo.

Cuadro IV. 82 Población económicamente activa del municipio, 2010

Indicadores de participación económica	Total	Hombres	Mujeres
Población de 12 años y más	143,754	70,207	73,547
Población Económicamente Activa (PEA)	65,015	51,454	13,561
Ocupada	60,325	47,309	13,016
Desocupada	4,690	4,145	545
Población no económicamente activa (PEI)	77,827	18,185	59,642
No especificado	912	568	344

Nota: La población económicamente activa son las personas de 12 años y más que trabajaron, tenían trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia.

La población económicamente no activa son las personas de 12 años y más pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tenían alguna limitación física o mental permanente que le impide trabajar.

Ocupación según el sector de actividad económica:

Cuadro IV. 83 Ocupación y distribución según el sector

Población ocupada	Sector de actividad económica				
	Primario	Secundario	Comercio	Servicios	No especificado
61,683	12,740	14,624	10,305	19,942	4,072
Porcentaje	20.65	23.71	16.71	32.33	6.60

Ocupación de la población y su distribución porcentual según división ocupacional.

Cuadro IV. 84 Población ocupada y su distribución porcentual según división ocupacional

Población ocupada	Sector de actividad económica				
	Profesionistas, técnicos y administrativos	Trabajadores agropecuarios	Trabajadores en la industria	Comerciantes y trabajadores en servicios diversos	No especificado
61,683	10,436	10,962	11,891	24,790	3,604
Porcentaje	16.92	17.77	19.28	40.19	5.84

Sector productivo

A continuación se proporcionan algunos datos de lo que representa el sector productivo a nivel municipal, de los que sobresalen:

Sector agrícola temporada Otoño-invierno

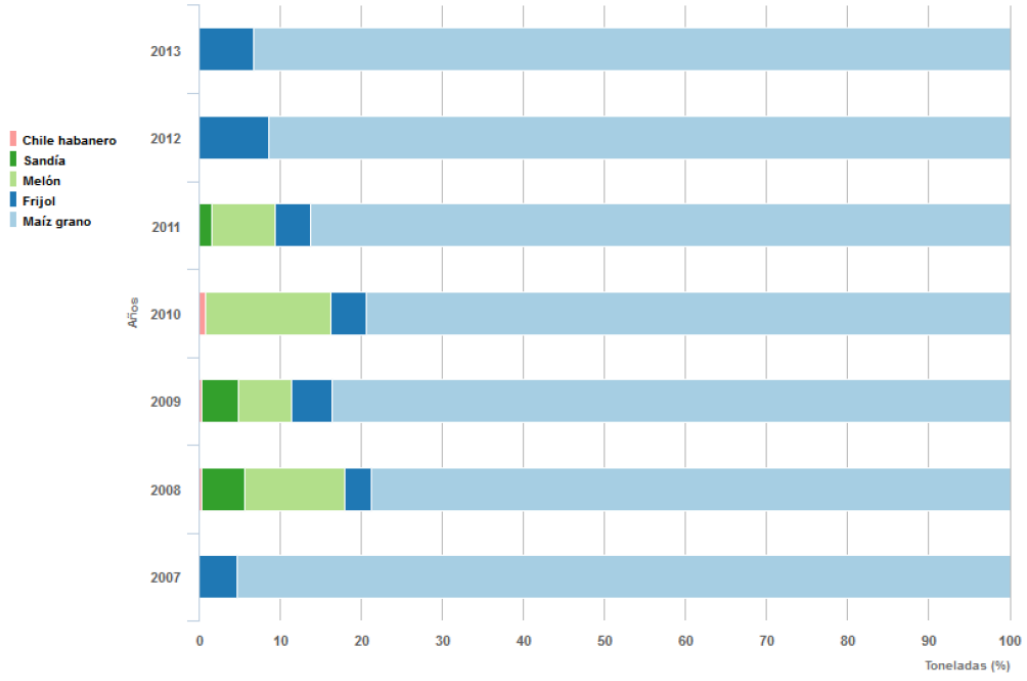


Figura IV. 123 Produccion agrícola de temporal Otoño-invierno

Sector agrícola temporada Primavera- verano

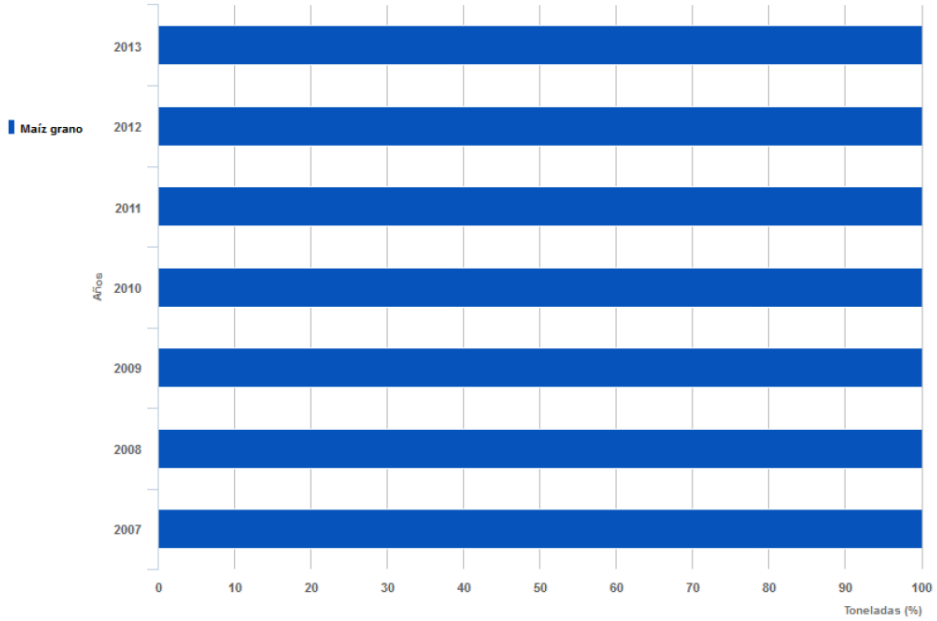


Figura IV. 124 Produccion agrícola de temporal Primavera- verano

Sector agrícola cultivo Perene

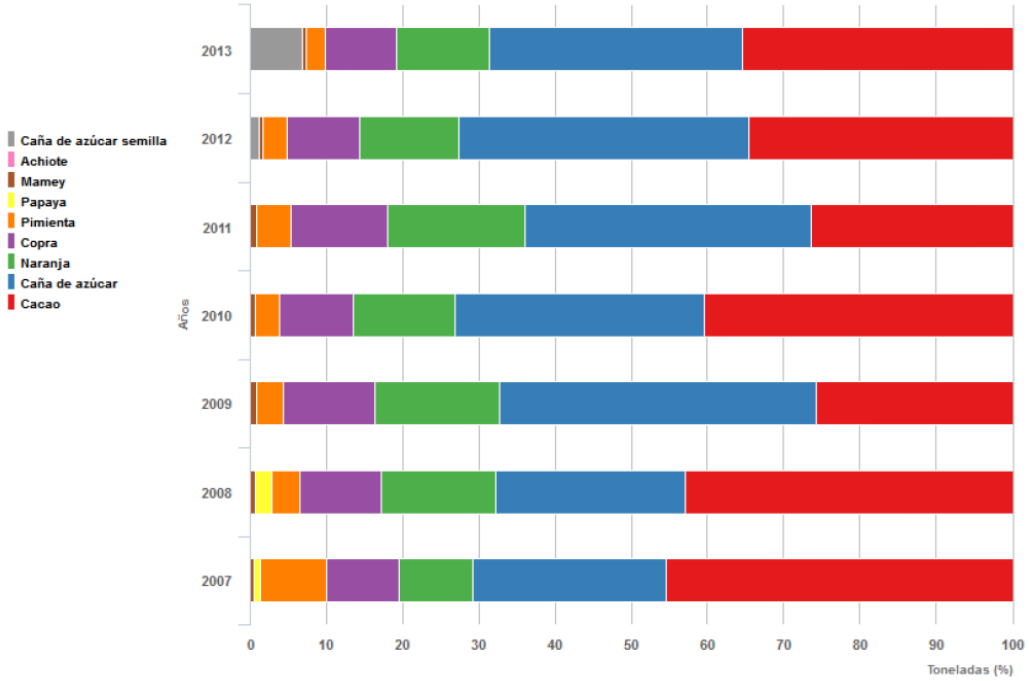


Figura IV. 125 Produccion agrícola de Perene

Sector Pecuario

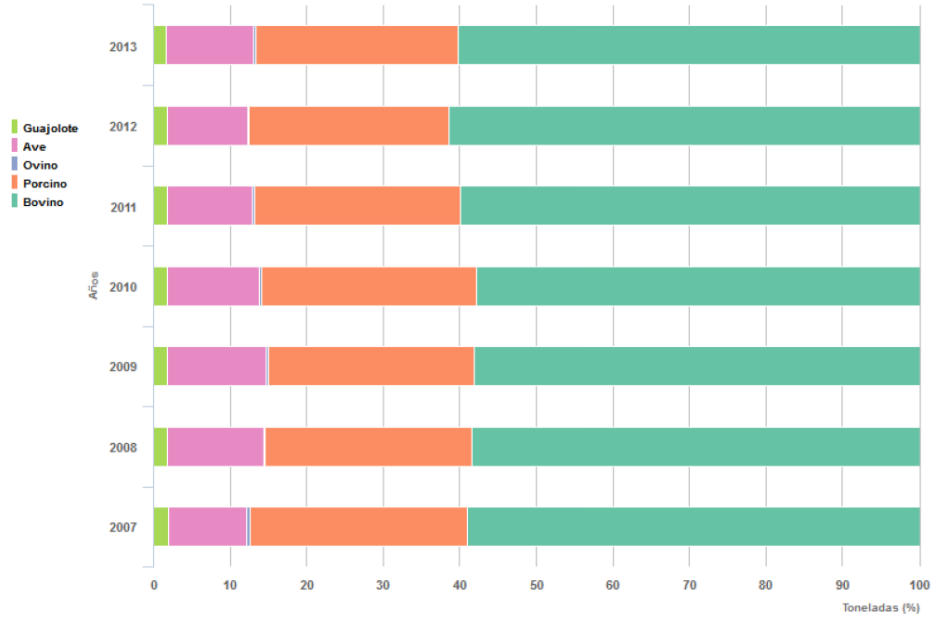


Figura IV. 126 Produccion Pecuaria

Vivienda y pobreza a nivel municipal

A continuación se presentan algunos datos sobre indicadores vivienda y pobreza reportados en el documento de INEGI, SEMARNAT Y CONABIO, ya mencionado.

Cuadro IV. 85 Indicadores de vivienda y pobreza

Indicador de pobreza	Personas	Porcentaje	Carencias	Intensidad
Población total	196,245	100	0.0	0.0
Pobreza	129,742.00	66.10	3.10	0.34
Pobreza extrema	37,072.00	18.90	3.90	0.12
Pobreza moderada	92,671.00	47.20	2.80	0.22
Vulnerables por carencia social	52,225.00	26.60	2.60	0.00
Vulnerables por ingreso	5,514.00	2.80	0.00	0.00
No pobres y no vulnerables	8,764.00	4.50	0.00	0.00
Rezago educativo	52,907.00	27.00	0.00	0.00
Carencia por acceso a los servicios de salud	82,300.00	41.90	0.00	0.00
Carencia por acceso a la seguridad social	163,705.00	83.40	0.00	0.00
Carencia por calidad y espacios de la vivienda	52,629.00	26.80	0.00	0.00
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	109,348.00	55.70	0.00	0.00
Carencia por acceso a la alimentación	79,578.00	40.60	0.00	0.00
Población con al menos una carencia social	181,967.00	92.70	0.00	0.00
Población con tres o más carencias sociales	113,676.00	57.90	0.00	0.00
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar	135,257.00	68.90	0.00	0.00
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo	50,978.00	25.10	0.00	0.00

Del cuadro anterior, se observa que el 47.20% de la población vive en pobreza moderada, lo que indica que gran parte de ésta podría requerir de mejores salarios o fuentes de empleo a nivel municipal.

Analfabetismo

Finalmente, otro de los temas principales que se aborda es el de la cantidad de personas que no saben leer ni escribir de la población mayor a 15 años. De un total de población de 131,671 personas, 9,997 no saben leer ni escribir, lo que representa el 7.59% de la población total. Distribuida en 3,675 hombres y 6,322 mujeres que no saben leer ni escribir.

Marginación y rezago social

Los índices de marginación y rezago social reportados hasta el último censo del INEGI del 2010, el índice de marginación fue -0.59, lo que representó un Grado de marginación Medio con un índice de rezago social de -0.76 y un grado de rezago Muy bajo.

Cultural

Cuenta con una zona Arqueológica que es el principal vestigio maya del estado de Tabasco, se localiza a escasos 2 km de la ciudad de Comalcalco. Se trata de la única ciudad maya construida con ladrillo cocido, y fijados con una mezcla a base de conchas de ostión molidas.

La zona Arqueológica cuenta con un museo de sitio en el que se exhiben piezas y mascarones encontrados en la zona arqueológica.

Grupos religiosos

En la región, la principal religión que se profesa es la católica, aunque existen diversos grupos religiosos tanto protestantes y evangélicos como aquellas religiones bíblicas no evangélicas.

Tipos de organizaciones sociales predominantes

En el municipio de Comalcalco, Tabasco, se encuentran legalmente integradas diversas Cooperativas pesqueras principalmente.

Municipio de Centla

El municipio de Centla se encuentra al este del municipio donde se pretenden ubicar las instalaciones terrestres en la franja costera de Paraíso. Dicho municipio fue seleccionado por formar parte del SAR por el lado oriente de donde se ubicarán las instalaciones terrestres, considerando la franja costera donde pudieran existir interacciones del proyecto con algunos de sus elementos ambientales, principalmente en al agua, vegetación terrestre y fauna presente en la franja costera de dicho municipio.

El municipio de Comalcalco tiene una superficie de 2,685.62 km², el porcentaje de superficie que representa con respecto al estado es el 10.8%, cuenta con 204 localidades, la población total al 2010 es de 102,110 habitantes (50,925 hombres y 51,185 mujeres) la cabecera municipal es la ciudad de Frontera, la cual cuenta con una población de 22,795 habitantes, información basada en informe de SEMARNAT, CONABIO e INEGI.

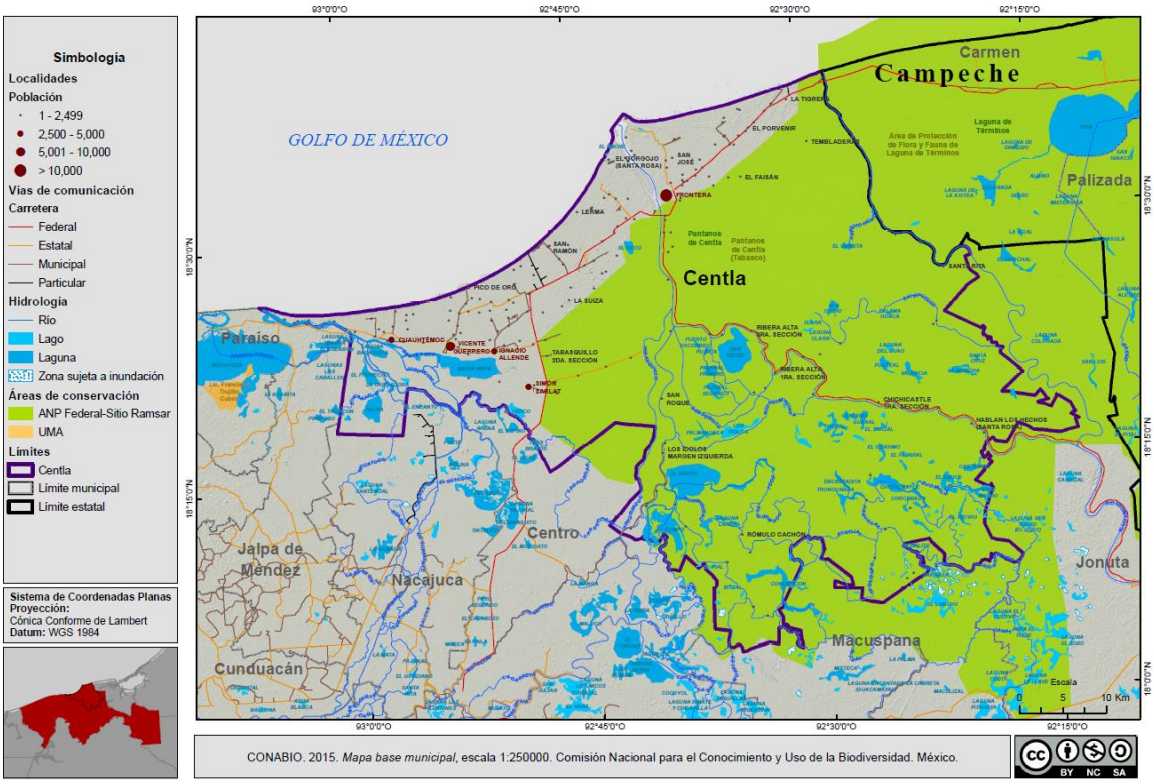


Figura IV. 127 Mapa de ubicación del municipio de Centla, Tabasco

Población y demografía municipal

De la misma fuente se tiene que la población total y por sexo es la siguiente:

Cuadro IV. 86 Población total y por sexo municipio

Sexo/Año	1990	1995	2000	2005	2010
Hombres	35,498	39,034	44,350	46,411	50,925
Mujeres	34,555	38,509	43,868	46,344	51,185
Total	70,053	77,543	88,218	92,755	102,110

Tendencia de crecimiento poblacional

La tendencia de crecimiento poblacional se indica en la siguiente figura:

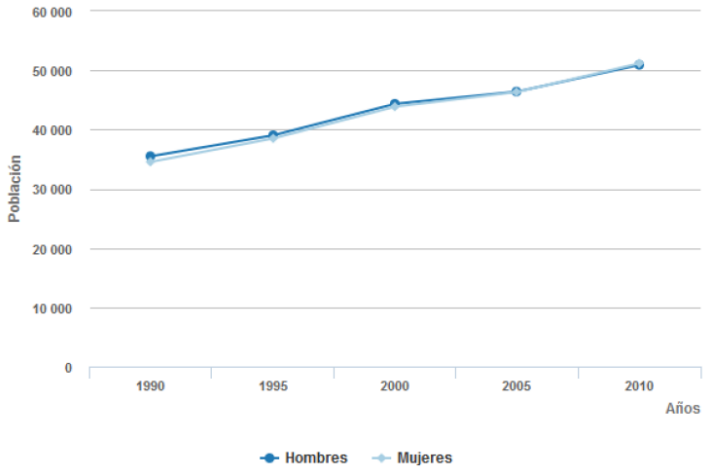


Figura IV. 128 Tendencia de crecimiento de la población

Lo que indica que en los censos de población de las últimas décadas ha sido de crecimiento lento. Los indicadores de población son los siguientes:

Cuadro IV. 87 Indicadores de población del municipio

Sexo/Año	1995	2000	2005	2010
Densidad de población del municipio (Hab/Km²)	29	33	35	38
Porcentaje de población con respecto al estado	4.43	4.66	4.66	4.56
Relación hombres/mujeres	101	101	100	99

La tendencia del indicador de densidad de población es como se indica a continuación:

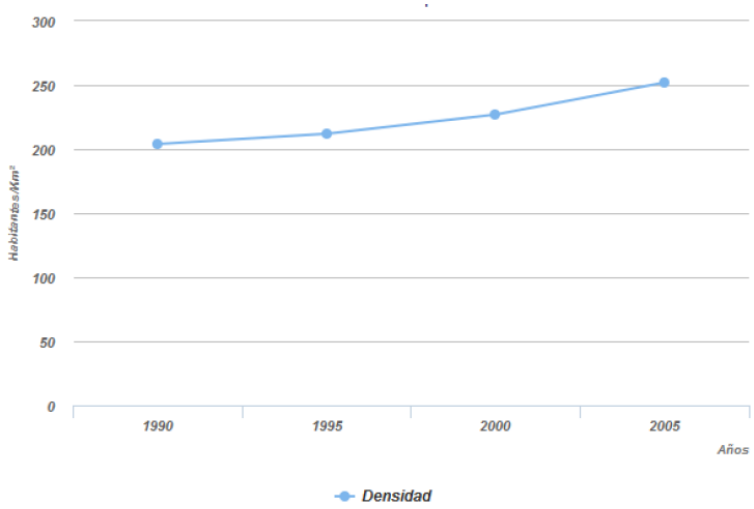


Figura IV. 129 Tendencia de crecimiento de densidad de población

La distribución y estructura de la población por sexo y edad, incluye la población económicamente activa es como se indica en la siguiente figura:

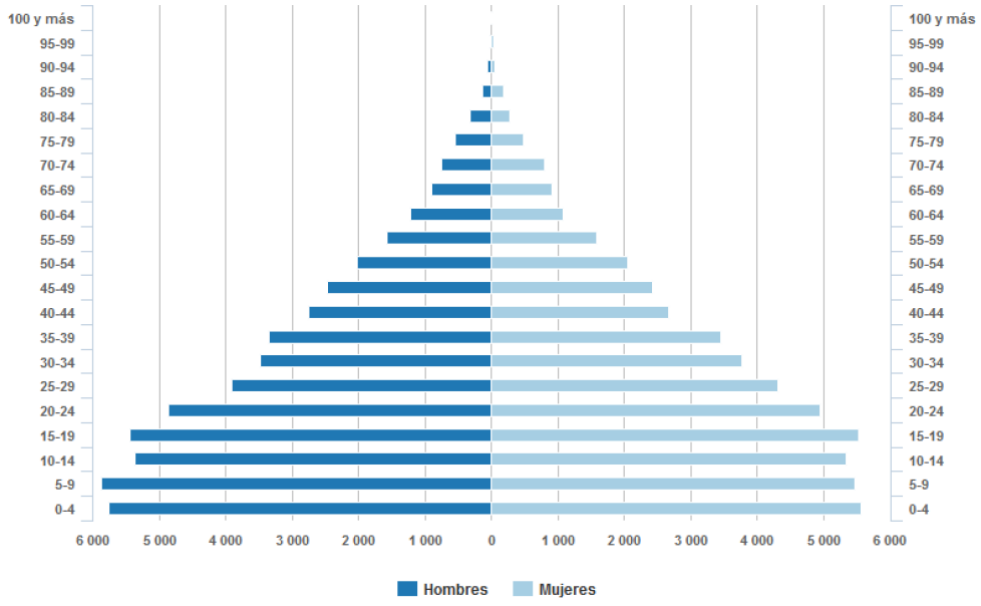


Figura IV. 130 Distribución de la población

Población indígena

La distribución de la población de 3 años y más, según condición de habla indígena y español, en el último censo de 2010, el indicador total de hombres y mujeres fue el siguiente:

Cuadro IV. 88 Distribución de la población de 3 años y más del municipio

Indicador	Total	Hombres	Mujeres
Población de 3 años y más	95,148	47,455	47,693
Población que habla lengua indígena	3,486	2,050	1,436
Habla español	3,269	1,938	1,331
No habla español	6	1	5
No especificado	211	111	100
Población que no habla lengua indígena	91,343	45,244	46,099
No especificado	319	161	158

Indicadores de población indígena reportada y lenguas indígenas habladas:

Cuadro IV. 89 Indicadores de la población indígena

Tipología indígena	Población indígena
Grado de marginación	Medio
Población total	102,110
Población indígena	11,042
Diferencia	91,068
Porcentaje	11

Cuadro IV. 90 Lenguas indígenas habladas en el municipio

Lengua	Total	Hombre	Mujeres
Habla lengua indígena	3,486	2,050	1,436
Chinanteco	1	0	1
Chol (Ch´ol)	29	14	15
Chontal	3	3	0
Chontal de Tabasco	3,237	1,913	1,324
Huasteco	1	1	0
Huave	1	0	1
Lengua indígena no especificada	107	62	45
Maya	36	20	16
Mixe	4	2	2
Mixteco	5	3	2
Náhuatl	17	11	6
Tzeltal (Tseltal)	15	2	13
Tzotzil (Tsotsil)	7	4	3
Yaqui	1	1	0
Zapoteco	21	14	7
Zoque	1	0	1

Índice de migración

La intensidad de migración a nivel municipal hacia los Estados Unidos es “muy bajo”, en el contexto estatal ocupa el cuarto lugar y en el contexto nacional el 1936.

Población económicamente activa

A continuación se proporciona la distribución de la población del municipio por condición de actividad económica y sexo.

Cuadro IV. 91 Población económicamente activa del municipio, 2010

Indicadores de participación económica	Total	Hombres	Mujeres
Población de 12 años y más	74,891	37,017	37,874
Población Económicamente Activa (PEA)	32,567	26,916	5,651
Ocupada	30,603	25,238	5,365
Desocupada	1,964	1,678	286
Población no económicamente activa (PEI)	41,912	9,834	32,078
No especificado	412	267	145

Nota: La población económicamente activa son las personas de 12 años y más que trabajaron, tenían trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia.

La población económicamente no activa son las personas de 12 años y más pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tenían alguna limitación física o mental permanente que le impide trabajar.

Ocupación según el sector de actividad económica:

Cuadro IV. 92 Ocupación y distribución según el sector

Población ocupada	Sector de actividad económica				
	Primario	Secundario	Comercio	Servicios	No especificado
27,275	8,481	4,045	3,793	10,872	84
Porcentaje	31.09	14.83	13.91	39.86	0.31

Ocupación de la población y su distribución porcentual según división ocupacional.

Cuadro IV. 93 Población ocupada y su distribución porcentual según división ocupacional

Población ocupada		Sector de actividad económica				
		Profesionistas, técnicos y administrativos	Trabajadores agropecuarios	Trabajadores en la industria	Comerciantes y trabajadores en servicios diversos	No especificado
27,275		4,625	7,604	5,263	9,699	84
Porcentaje		16.96	27.88	19.30	35.56	0.31

Sector productivo

A continuación se proporcionan algunos datos de lo que representa el sector productivo a nivel municipal, de los que sobresalen:

Sector agrícola temporada Otoño-invierno

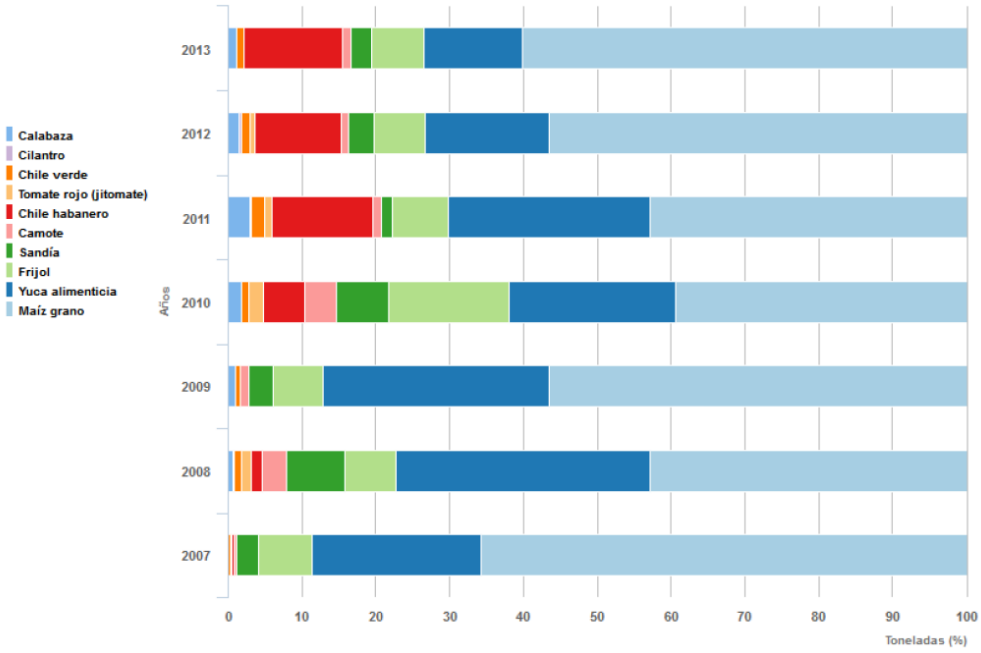


Figura IV. 131 Produccion agrícola de temporal Otoño-invierno

Sector agrícola temporada Primavera- verano

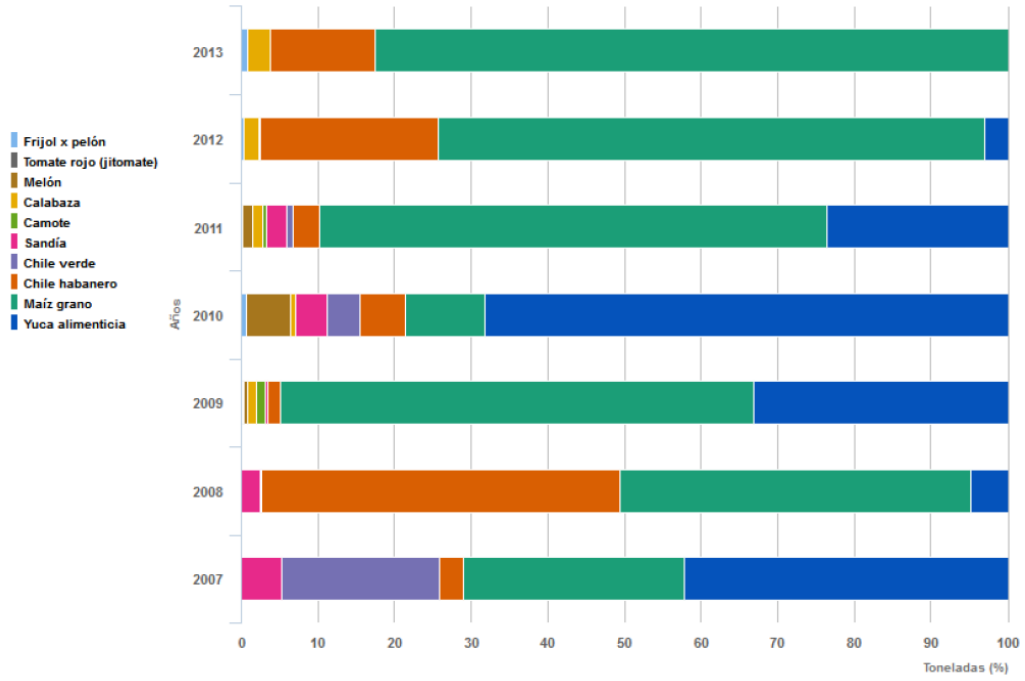


Figura IV. 132 Produccion agrícola de temporal Primavera- verano

Sector agrícola cultivo Perene

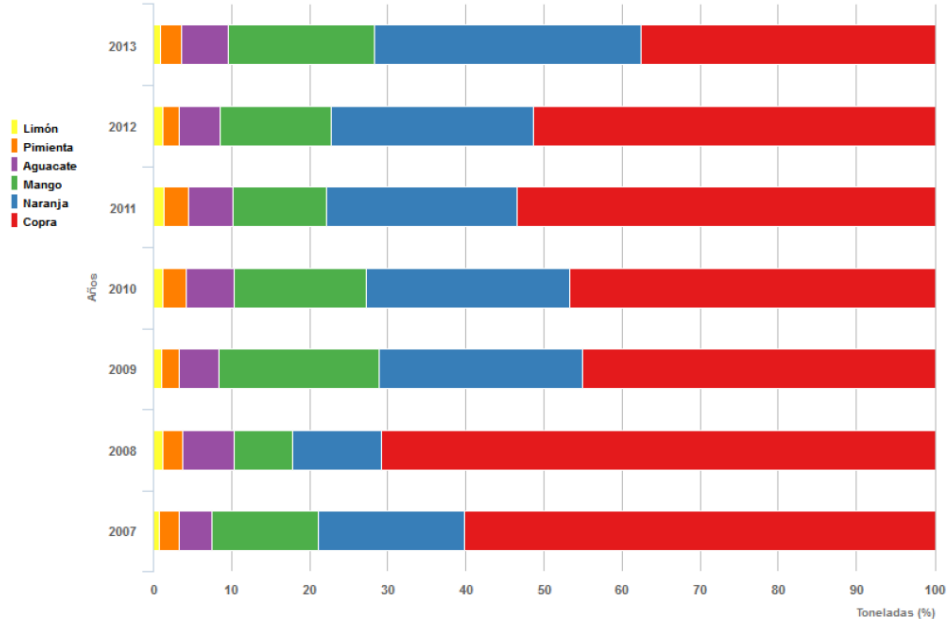


Figura IV. 133 Produccion agrícola de Perene

Sector Pecuario

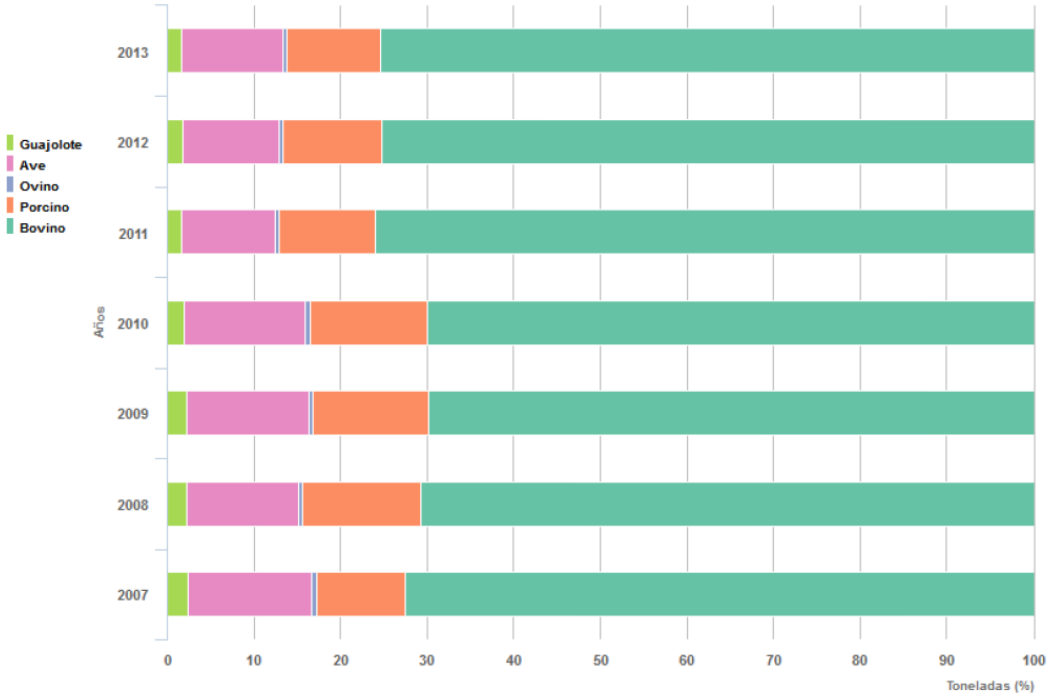


Figura IV. 134 Produccion Pecuaria

Vivienda y pobreza a nivel municipal

A continuación se presentan algunos datos sobre indicadores vivienda y pobreza reportados en el documento de INEGI, SEMARNAT Y CONABIO, ya mencionado.

Cuadro IV. 94 Indicadores de vivienda y pobreza

Indicador de pobreza	Personas	Porcentaje	Carencias	Intensidad
Población total	101,417	100	0.0	0.0
Pobreza	70,317.00	69.30	2.10	0.35
Pobreza extrema	25,722.00	25.40	3.80	0.16
Pobreza moderada	44,595.00	43.10	2.50	0.19
Vulnerables por carencia social	20,634.00	20.30	2.50	0.00
Vulnerables por ingreso	3,732.00	3.70	0.00	0.00
No pobres y no vulnerables	6,735.00	6.60	0.00	0.00
Rezago educativo	18,327.00	18.10	0.00	0.00
Carencia por acceso a los servicios de salud	28,486.00	28.10	0.00	0.00
Carencia por acceso a la seguridad social	79,627.00	78.50	0.00	0.00
Carencia por calidad y espacios de la vivienda	30,768.00	30.30	0.00	0.00
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	69,858.00	68.90	0.00	0.00
Carencia por acceso a la alimentación	36,625.00	36.10	0.00	0.00
Población con al menos una carencia social	90,951.00	89.70	0.00	0.00
Población con tres o más carencias sociales	56,665.00	55.90	0.00	0.00
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar	74,049.00	73.00	0.00	0.00
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo	36,603.00	36.10	0.00	0.00

Del cuadro anterior, se observa que el 43.10% de la población vive en pobreza moderada, lo que indica que gran parte de ésta podría requerir de mejores salarios o fuentes de empleo a nivel municipal.

Analfabetismo

Finalmente, otro de los temas principales que se aborda es el de la cantidad de personas que no saben leer ni escribir de la población mayor a 15 años. De un total de población de 68,411 personas, 5,551 no saben leer ni escribir, lo que representa el 8.11% de la población total. Distribuida en 2,174 hombres y 3,377 mujeres que no saben leer ni escribir.

Marginación y rezago social

Los índices de marginación y rezago social reportados hasta el último censo del INEGI del 2010, el índice de marginación fue -0.05, lo que representó un Grado de marginación Medio con un índice de rezago social de -0.42 y un grado de rezago bajo.

Cultural

Por sus condiciones naturales la ciudad próxima a la costa, cuenta con la playa el Bosque, Miramar, Playa Bruja, La estrella, Pico de Oro, Boquerón y La Victoria.

Aun encontrándose fuera del SAR de limitado, en lo referente al ecoturismo, a 30 km hacia el sur del puerto de Frontera, se localiza la estación "Tres Brazos", dentro de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en donde existe el museo-temático "La casa del agua", cabañas, restaurantes, torre - mirador y servicios de lanchas y catamaranes turísticos para recorrer la reserva.

Grupos religiosos

En la región, la principal religión que se profesa es la católica, aunque existen diversos grupos religiosos tanto protestantes y evangélicos como aquellas religiones bíblicas no evangélicas.

Organizaciones sociales predominantes

En el municipio de Centla, Tabasco, se encuentran legalmente integradas diversas Cooperativas pesqueras tales como: Unión de Pescadores de Altamar del Puerto de Frontera, Tabasco A. C., Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Acuícola Maranatha de Centla S. C. de R. L. de CV., Pesquera d Acuícola del Municipio de Centla, Tabasco, S.C. de R.L., Cooperativa de Pesca d Acuacultura Simón Sarcay Nova R. L. C.V., Federación de Sociedades Cooperativas y Organizaciones Pesqueras, Federación de Sociedades Cooperativa de Producción Pesquera y Acuícola del Municipio de Centla, Cooperativas Pescadores del Grijalva, entre otras organizaciones como San José y Unidad y Fortaleza S. C. de R. L. de C. V., Mujeres en Acción, etc.

Conclusión

Los municipios que se incluyen en el SAR: Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla; con forme a la información disponible, se tiene que su crecimiento poblacional ha sido muy bajo en los últimos 20 años, con tendencias de crecimiento poblacional lento y presentan una densidad de población que oscila en los 200 habitantes por kilómetro cuadrado. Hasta ahora, la distribución de su población en los cuatro municipios incluidos en el SAR, su comportamiento es parecido; es decir, tanto en número de hombres y mujeres es similar incluyendo la edad.

En cuanto a lenguas indígenas que se hablan en la zona de estudio, en el municipio de Paraíso se registraron 10 lenguas, Cárdenas 23, Comalcalco 20 y Centla 15. Lo anterior indica que a pesar de que en los últimos años ha existido presión por el desarrollo de actividades petroleras, aún no ha existido demasiada influencia hacia estos sectores de la población. Cabe mencionar que lo anterior se mantiene, debido a la escasa o casi nula migración de la población presentando un índice de migración “muy bajo”.

La ocupación de la población económicamente activa es casi homogénea en los municipios incluidos en el SAR; del 21 al 30% desarrollan actividades en el sector primario, de un 30 a un 40 % en actividades de servicios y de un 15 a un 20% en el sector secundario. Lo que indica que aún existe un alto porcentaje de la población dedicada a actividades de agricultura y ganadería; así como de población que emigra dentro del mismo municipio hacia las ciudades en busca de mejores oportunidades originando la demanda de servicios (vivienda, salud, seguridad, entre otros).

La producción del sector agrícola y pecuario aún se ve reflejado en el porcentaje ocupacional de la población y a nivel SAR en la zona costera de los cuatro municipios, predominando con un amplio porcentaje la producción de coco y la producción ganadera, lo cual se refleja en el mapa de uso de suelo anexo al estudio.

IV.2.5 Diagnóstico ambiental

Análisis de la información e integración

El presente diagnóstico ambiental se circunscribe e integra la información ambiental en un área que incluye las dimensiones del proyecto, obras y actividades provisionales y definitivas, características meteorológicas, geomorfoedafológicas, hidrográficas, vegetación y fauna; así como factores socio-culturales, tanto del Área del Proyecto (AP) incluye instalaciones marinas y terrestres, como de la ciudad de Paraíso como Área de Influencia Directa (AID).

También incluye el Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado donde el Proyecto podría interactuar con algunos elementos ambientales, abarcando éste último desde el área contractual del Campo Hokchi donde se ubicarán las instalaciones marinas hasta la zona costera en la desembocadura del Río Tonalá por el lado Suroeste en la zona costera de los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y zona costera del municipio de Centla hacia el Este de las futuras instalaciones terrestres (Ver figura IV. 135).

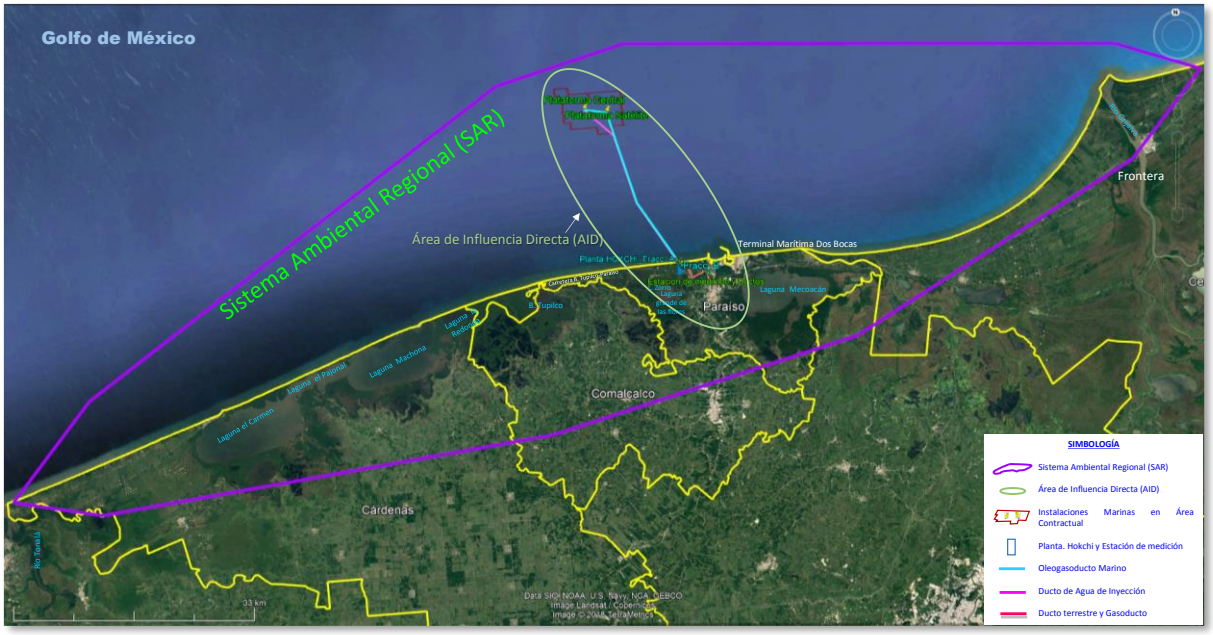


Figura IV. 135 Instalaciones marinas y terrestres (Área del Proyecto "AP"), Área de Influencia Directa (AID) y Sistema Ambiental Regional (SAR)

El diagnóstico ambiental incluye la integración de la información ambiental en la zona costera desde el Río Tonalá, Sistema lagunar el Carmen, el Pajonal, La Machona, laguna la Redonda, Barra de Tupilco, sistema lagunar Mecoacán hasta la desembocadura del Río Grijalva en el municipio de Centla. Ésta información ambiental permitirá la determinación del presente diagnóstico que pretende señalar las condiciones existentes en una etapa pre operacional del proyecto; es decir, el **"estado cero o escenario base"**.

El diagnóstico aquí planteado corresponde a la situación ambiental, económica y social que prevalece en el espacio geográfico donde pretende realizarse el proyecto previo a la Preparación de sitio, Construcción, Operación / Mantenimiento y Abandono.

Específicamente para la Manifestación de Impacto Ambiental Regional para el Proyecto denominado **"Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Regional para la Etapa de Desarrollo del Área Contractual 2 (Hokchi)"**, que incluye instalaciones marinas a ubicarse en la parte sur del Golfo de México frente a la zona costera del municipio de Paraíso e instalaciones terrestres en el Municipio del mismo nombre en el estado de Tabasco. En cuanto a:

Ordenamientos Ecológicos y UGA´s incluidos en el SAR

Que los criterios ecológicos y las estrategias ambientales en los tres niveles de gobierno (Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, DOF 24-11-2012; Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, DOF 24-11-2012; y Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco, DOF 20-12-2006 modificado el 22-12-2012):

→ **No prohíben** el desarrollo de las actividades productivas del sector petrolero e infraestructura, solo orientan y fomentan la protección de especies de flora y fauna en todo el **SAR** y en el área donde se ubicará el proyecto.

→ La finalidad de estos ordenamientos jurídicos es disminuir los impactos de dichas actividades; reducir la pérdida de cobertura forestal, fomentan el aprovechamiento racional de los recursos; el manejo adecuado de los residuos conforme a la normatividad vigente que conlleven a evitar la contaminación del suelo, agua superficial y subterránea, etc.

→ Así como el empleo de tecnologías que fomenten el desarrollo y buen desempeño de las actividades productivas empleando las mejores prácticas y medidas preventivas, tanto de restauración y compensación para mantener la salud de los ecosistemas las escorrentías y la conectividad biológica.

Resultados de los modelos de trayectoria de derrame de hidrocarburos en el mar (GENOME)

Que en caso de derrame o fuga accidental a las condiciones de operación de las instalaciones, condiciones meteorológicas (vientos reinantes), dirección y corrientes marinas establecidas para la simulación del escenario catastrófico establecido en el estudio de riesgo (Ver estudio de Riesgo) para dispersión de la mancha de hidrocarburos en el mar, y mencionado al inicio de éste Capítulo.

→ Existe una probabilidad de 90% que las manchas de hidrocarburos alcancen 30 km a lo largo de la costa, desde la laguna La Redonda hasta la Lagua el Pajonal (ver manchas amarillas en la figura IV.136).

→ También existe una probabilidad de 10% que las manchas de hidrocarburos alcancen 40 km a lo largo de la costa, desde la laguna Del cramen hasta la desembocadura del río Tonalá (ver manchas rojas en la figura IV.136).

La figura siguiente muestra las posible afectaciones por fuga de hidrocarburos en cualquiera a lo largo de los 25.58 km del Oleogasoducto de 14" de Ø, desde la Plataforma Satélite hasta el arribo costero en la Planta Hokchi.

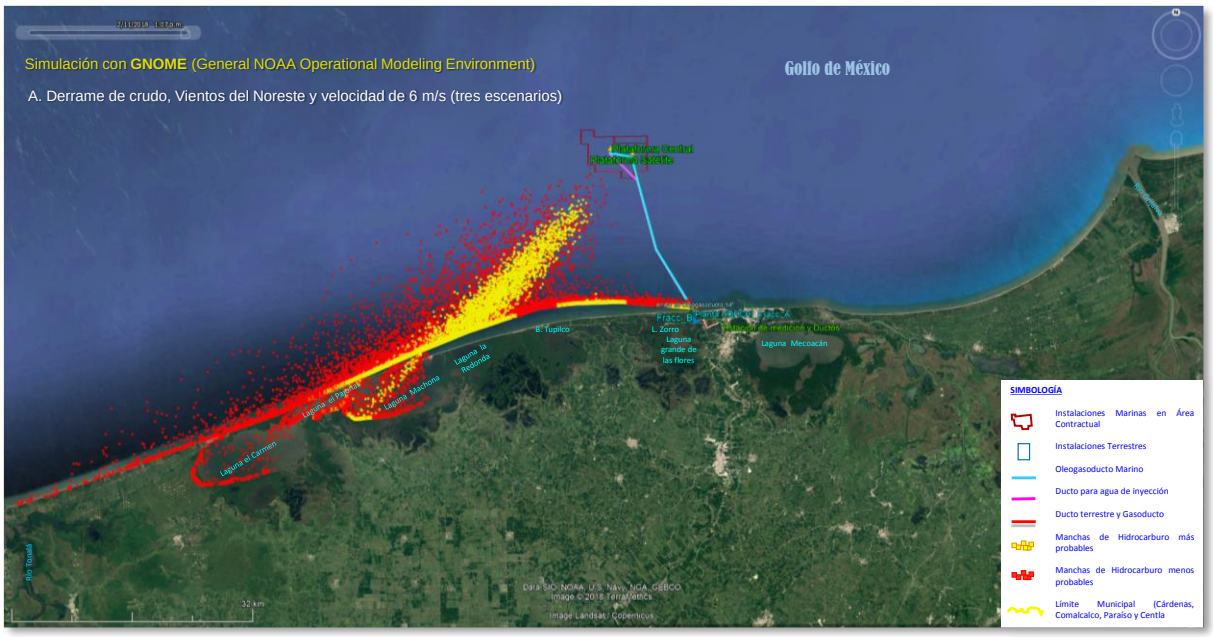


Figura IV. 136 Posibles afectaciones por derrame de Hidrocarburos desde la Plataforma Satélite, Punto medio y Antes del arribo costero del Oleoducto (Vientos reinantes)

En este mismo sentido, de no tomarse acciones rápidas y efectivas de respuesta a emergencias durante algún derrame significativo desde la Plataforma Satélite, las zonas sencibles que podrían ser afectadas son:

→ A las actividades recreativas y económicas que se desarrollan en la zona costera de los municipios de Cárdenas, Comalcalco y Paraíso incluyendo las que se llevan a cabo en el Sistema lagunar la Machona, el Pajonal y el Carmen;

→ Así como posibles afectaciones a la flora y fauna marina y terrestre de la zona costera incluidos en el SAR principalmente.

Cuando la posible fuga ocurra en algún punto en la parte media de dicho Oleogasoduto y cercano al arribo costero, los posibles daños ambientales alcanzarían:

→ Cuando la posible fuga ocurra en el punto medio del oleogasoducto los posibles daños serían a las actividades recreativas y económicas que se desarrollan en la zona costera desde 8 km hacia el oeste de la zona costera de la Planta Hokchi en la zona costera hasta la Laguna la Machona.

→ Cuando la posible fuga ocurra cercano al arribo costero frente a Planta Hokchi, los posibles daños ambientales ocurrirían desde la costa frente a a la Planta Hokchi hasta 20 km al oeste de la franja costera con rumbo a la Brra de Tupilco.

→ Así como posibles afectaciones a la flora y fauna marina y terrestre de la zona costera incluidos en el SAR.

Con el objetivo de cubrir otras posibles afectaciones durante temporadas meteorológicas críticas, también se consideró la temporada de nortes (vientos dominantes), donde las posibles afectaciones serían las costas de Paraíso (ver figura IV.137).

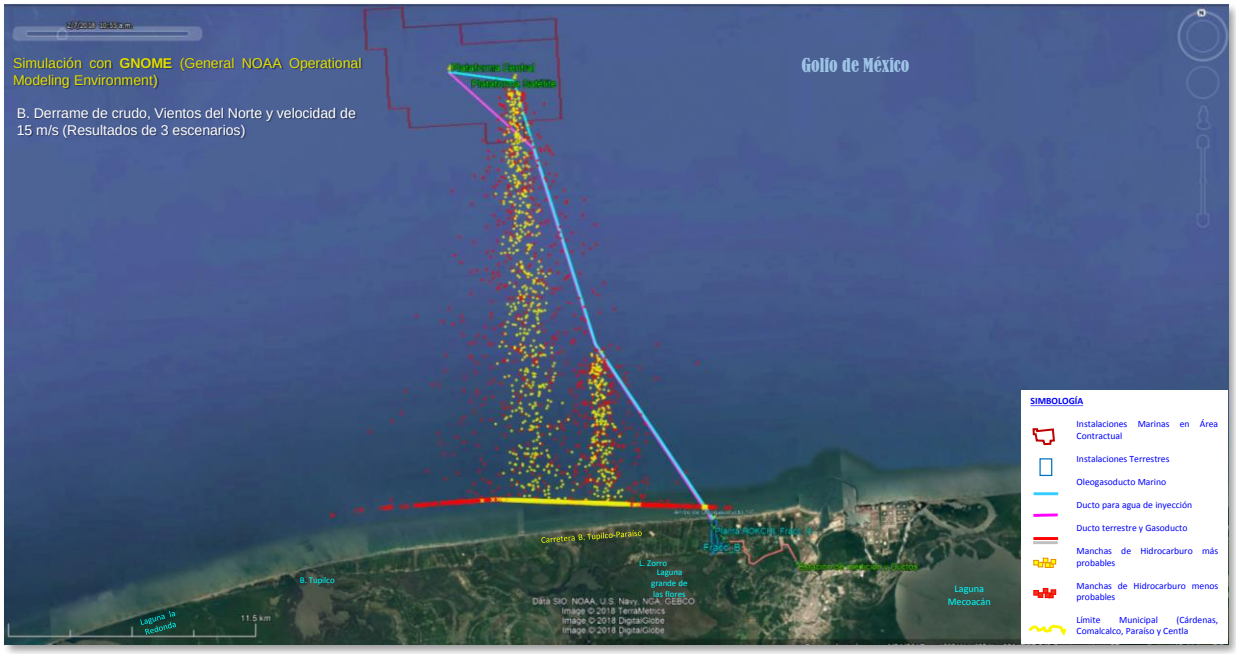


Figura IV. 137 Posibles afectaciones por derrame de Hidrocarburos desde la Plataforma Satélite, Punto medio y Antes del arribo costero del Oleoducto (Vientos reinantes)

De la figura anterior se observa que de los resultods obtenidos a las condiciones críticas de vientos, dirección y velocidad de corrientes marinas, las posibles afectaciones podrían alcanzar 3 km al este de la Planta antes de la Terminal marítima Dos Bocas y 17 km hacia el oeste hasta la Barra de Tupilco sobre la línea de costa (Ver figura IV.137).

Dentro del SAR, también se consideró la zona costera al Este del la Planta hacia el municipio de Centla hasta la desembocadura del río Grijalva, lo cual considerando que la direcciones de las corrientes marinas reinantes y sus velocidades son de Noreste a suroeste, asegura que el análisis de la información sea más completa.

Aspectos Abióticos

Clima

El clima en SAR de acuerdo a criterios de clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta Garcia (1981), es de tipo un clima *Am(f)* que corresponde a un clima cálido húmedo con lluvias todo el año donde la precipitación del mes más seco es menor de 60 mm. Se caracteriza por sus temperaturas medias anuales superiores a 18°C y media anual entre 24 y 28º C.

De información del Servicio Meteorológico Nacional de la CONAGUA, el rango de temperaturas promedio anuales (máxima, media y mínima) en el SAR está entre 30°C-34, 26°C-28°C y 20°C--25°C respectivamente. Las precipitacion desde 1490 mm hasta 1850 mm promedio anuales de más de cincuenta años con humedad relativa en el SAR fluctúan entre 80% y 86%.

Las velocidades de viento registras oscilan entre 2 a 4 m/s con rachas de hasta 10 m/s y vientos dominantes que oscilan entre 9 a 12 m/s.

Calidad del Aire

Los resultados obtenidos del monitoreo de calidad del aire en la zona de influencia del Proyecto, en general, para el Ozono, Monóxido de Carbono, Óxido Nítrico (NO), Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y Óxidos de Nitrógeno (NOx) los valores encontrados están por debajo de la norma de calidad del aire. Lo que indica que actualmente existe una buena dispersión de contaminantes, incluyendo aquellos provenientes de la explotación de hidrocarburos en la Sonda de Campeche y en el Litoral de Tabasco, la buena dispersión también se ve influenciada por las celocidades de viento, temperatura y humedad relativa en el SAR.

Geología y Geomorfología

En general, las instalaciones marinas y terrestres se ubicarán dentro de la Provincia Petrolera denominada **“Cuencas del Sureste”**, la cual se localiza en la Planicie Costera del Golfo de México y la Plataforma Continental del sureste de México, incluyendo una porción terrestre y marina de aguas someras, ésta provincia en su parte terrestre abarca el sur del Estado de Veracruz, el norte del Estado de Chiapas, casi todo el Estado de Tabasco y el extremo sur occidental del Estado de Campeche. En esta “Cuenca del Sureste” se encuentra:

- Cuenca Salina del Istmo.
- Cuenca Comalcalco.
- Cuenca Macuspana.
- Cuenca Pilar Reforma-Akal.

Las Cuencas del Sureste es la más prolífica como productora de aceite a nivel nacional.

En esta porción costera nor-noroeste del estado de Tabasco que comprende el SAR que incluye los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla; así como la zona marina colindante con dichos municipios, la geología estructural está conformada principalmente por rocas sedimentarias (calizas, areniscas y depósitos evaporíticos), las cuales fueron

sometidos a severos esfuerzos de compresión, lo que provocó que las rocas más plásticas se plegaran y las más tenaces se fracturaran, generando estructuras delimitadas por dos fallas normales que dieron lugar a la formación de trampas donde se fueron acumulando hidrocarburos y gas natural.

Las rocas generadoras de hidrocarburos se consideran de edad tithoniana, Jurásico Medio y Jurásico Superiror, las cuales son ricas en materia orgánica, principalmente de algas que dieron origen a estos hidrocarburos.

Estratigráficamente ésta provincia fisiográfica “Llanura Costera del Golfo Sur” y la Subprovincia “Llanuras y Pantanos Tabasqueños” que bordea la porción sur del golfo de México, es una planicie de composición sedimentaria cuyo origen está relacionado con la regresión del Océano Atlántico iniciada desde el Terciario Inferior; así como el relleno gradual de la cuenca oceánica en la parte marina de éste Sistema Ambiental donde hasta nuestros días se acumulan grandes volúmenes de material detrítico arrastrados por los cuerpos de agua epicontinentales hasta su desembocadura.

El rejuvenecimiento continuo de la plataforma costera ha permitido la erosión subsecuente de los depósitos marinos y continentales de edad Terciaria, los cuales se manifiestan con escasos lomeríos de baja elevación constituidos de calizas y areniscas, lo que representa un relieve casi plano a medida que se acerca al Golfo de México. En la Subprovincia “Llanuras y Pantanos Tabasqueños”, los ríos han tenido cursos inestables, lo cual se debe a la acumulación de material aluvial reciente que cubre gran parte de la llanura principalmente del lado oriente del municipio de Paraíso hacia Centla y en menor proporción al occidente del mismo hacia los municipios de Comalcalco y Cárdenas.

Las zonas de playa y barras costeras de la Llanura Costera del Golfo Sur, los suelos son de tipo Litoral a lo largo de la línea de costa desde la el río Tonalá, Laguna el Carmen, El Pajonal, La Machona, La Redonda, Barra de Tupilco, Playa El Limón, Laguna Barra Chiltepec, Playa Azul, Playa Pico de oro, Playa Miramar entre otras hasta la desembocadura del río Grijalva en el municipio de Centla. Los suelos en estas zonas están formados por acumulación de arena retrabajada por el oleaje y distribuida a lo largo de la línea de costa. Colindante hacia la parte sur a estos suelos de tipo litoral son de tipo Lacustre y Palustre conformados por sedimentos limosos, arcillosos y cuerpos lenticulares característicos de estas planicies inundables.

En cuanto a tectonismo se refiere, de acuerdo a estudios geofísicos de sismología (Fugro McClelland, 1996) sugieren que la zona de influencia marina, constituye una zona tectónicamente estable. A nivel regional en zona marina donde se ubicaran las instalaciones, se encuentran inmersas en la Cuencas del Sureste, donde la actividad tectónica a través de millones de años ha dado lugar a la formación de la Cuenca Salina del Istmo y a la Cuenca Macuspana. En su porción marina, en esta cuenca se registran diferentes prospectos petroleros, como continuación del alineamiento productor de la zona terrestre.

Sismicidad

El área donde se ubicarán las instalaciones terrestres del Proyecto y sus alrededores está clasificado de acuerdo al Manual de Diseño de Obras Civiles por Sismo de la Comisión Federal de Electricidad como **zona sísmica B**, que es una zona intermedia en donde se registran sismos no tan frecuentemente.

En la zona de interés, los movimientos telúricos que se han sentido hasta ahora tienen su epicentro en los estados de Chiapas y Oaxaca.

Inundaciones y Vulnerabilidad ante el cambio climático

La zona costera de los municipios incluidos en el SAR (Cárdenas Comalcalco, Paraíso y Centla) presentan una vulnerabilidad de “media”, “alta” y “muy alta” por inundaciones (Centro Nacional de Prevención de Desastres, ENAPRED), las zonas más sensibles son las áreas cercanas al sistema lagunar desde la laguna el Carmen hasta la laguna Mecoacán.

No obstante, la parte oriente del SAR hacia la zona costera del municipio de Centla la vulnerabilidad es “media” y “baja” hacia el oeste de la Laguna el Carmen hacia la desembocadura del rio Tonalá.

El Índice de vulnerabilidad costera del litoral de tabasco conforme a estudios del Instituto de Investigaciones Geográficas de la Unam para la zona costera en cuestión, considera también que el incremento del nivel del mar es un evento extremo que impactará las zonas costeras bajas de Tabasco. De éste mismo estudio, coincide que los sectores con mayor vulnerabilidad se encuentran justamente frente a los sistemas lagunares del Carmen-Pajonal Machona y Mecoacán, este último con un mayor grado de vulnerabilidad.

Específicamente el área donde se ubicarán las instalciones terrestres, el índice de vulnerabilidad costera **es media**. Considerando ambos resultados de dichos estudios, las instalaciones terrestres tendrán que tomar previsiones ante un índice que va de medio a alto de acuerdo a la información obtenida.

Finalmente, cabe mencionar que actualmente aún existe un ancho de playa de aproximadamente 35 m y un ancho con vegetación costera de aproximadamente 60 m que funciona como mitigadora de la erosión causada por el oleaje y el viento costero por el lado norte del predio, vegetación que podría ser conservada para continuar con su función natural.

Suelos

Los suelos en el SAR de acuerdo con la clasificación de FAO-UNESCO e INEGI, desde el río Tonalá, por la zona costera junto a la línea de costa hasta la desembocadura del río Grijalva, predominan los Regosoles; su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad. Estos Regosoles, presentan subunidades del tipo calcárico que son ricos en cal y nutrientes para las plantas, inclusive pueden presentar características ácidas, ricos en nitrógeno, pero pobres en otros nutrientes importantes para las plantas como el calcio, magnesio y potasio o ligeramente ácidos a alcalinos. Por lo general estos suelos presentan un pH ligeramente alcalino (6.5) a neutro.

También pudo corroborarse que el regosol de las playas y dunas, es de fertilidad muy baja y de muy alta suceptibilidad a la erosión debido al movimiento del oleaje marino y vientos que prevalecen sobre el litoral. Así como, también en algunas zonas de la llanura costera de inundación (partes bajas), desde la desembocadura del río Tonalá hasta la desembocadura del río Grijalva, los tipos de suelo están asociados con Glaysol mólico, Solonchak gléyico, y Fluvisol Gléyico, estos suelos son originados por materiales palustres y arcillosos con alto contenido de materia orgánica en descomposición, lo que en ocasiones presenta un olor fétido.

La condición de inundación casi permanente permite el crecimiento de vegetación acuática como popal-tular en las partes más bajas del relieve, también permite el crecimiento de pastizales cultivados e inducidos.

En los suelos de tipo regosol, presenta predominantemente agricultura de temporal con cultivos permanentes de cocoteros, pastizal cultivado y en menor extensión agricultura de temporal con cultivos anuales y su fertilidad va de moderada a alta y presenta una suceptibilidad de moderada a alta erosión.

Durante los trabajos de campo, se corroboró que en la zona donde se ubicarn las instalaciones terrestres el uso de suelo predominante es de agricultura con presencia de *coco nusífera* y vegetación de pastizal cultivado en donde se instalará la planta Hokchi y la Estación de medición con predominancia de pastizal cultivado.

Finalmente, como parte de la caracterización de los suelos en el érea del Proyecto y la zona de influencia y con la finalidad de verificar el estado actual del suelo, los resultados obtenidos son:

→ Existe un alto deterioro del suelo por las actividades antrópicas (agricultura y ganadería) necesarias como medio de sustento de los habitantes de la entidad en toda la franja costera.

→ En el área cercana donde se ubicará la estación de medición, por encontrarse cercana a la población de Paraíso, existe crecimiento desordenado de la población.

→ En general, los suelos de playa están compuestos por arena fina de color gris claro sin olor y café claro a obscuro en las partes ligeramente bajas con presencia de arcilla sin olor.

→ El suelo donde se ubicará la Planta Hokchi y la Estación de medición, presentaron características de arena arcillosa de color café sin olor. En general los suelos cercanos a la línea de costa presentaron características en intercambio catiónico de Clase Media para Calcio y Magnesio, y Clase baja para Potasio con bajo contenido en materia orgánica, lo que indica que son suelos pobres en materia orgánica. Esta capacidad se incrementa con suelos de menor influencia marina.

→ Presencia de hidrocarburos en la zona de influencia y área del Proyecto, con respecto a la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, se encontró que solo en la línea de costa en el lado norte del predio donde se ubicará la Planta Hokchi exite presencia de hidrocarburos de fracción media (30.09 mg/kg b.s.) aunque muy por debajo de límites máximos permisibles de hidrocarburos (1200 mg/kg b.s.) de la Norma para usos de suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación.

→ Hidrocarburos aromáticos policíclicos en suelos HAPs. Las bajas concentraciones encontardos en estos suelos indican una asociación con la materia orgánica del suelo

con vegetación de cocoteros y vegetación de humedales en las partes bajas (rango de 0.01 a 0.07 mg/kg) como aquellos que han cambiado a uso agropecuario, el incremento de HAPs en suelos de uso agropecuario puede debedrese también por la depositación debido a la quema de material orgánico con fines agrícolas; así como a instalaciones petroleras en la franja costera.

→ Bifenilos Policlorados (BPCs), Arsénico, Berilio, Mercurio, Plata, Selenio y Talio, no se encontraron estos contaminantes en los puntos muestreados.

→ En cuanto al Cadmio, aunque muy por debajo del máximo permisible para suelos de uso agrícola/residencial/comercial establecido en la norma, existe presencia a 100 m fuera del límite suroeste del predio donde se ubicará la Planta y a 350 m aproximadamente de la carretera Barra de Tupilco-Paraíso.

→ Otro de los contaminantes encontrados fue el Vanadio, con presencia en la muestra tomada a aproximadamente 800 m por el lado oeste del predio sobre la línea de costa. El cual sobrepasa el límite máximo permisible para suelos de uso agrícola/residencial/comercial.

→ Cabe hacer notar que durante los trabajos de campo, también se identifico una “Pera” o “Localización” con sus presas respectivas fuera pero muy cercana a los límites del predio en la parte noreste, donde se determinó que existe presencia de hidrocarburos para hidrocarburos de fracción pesada y fracción media de la muestra procedente de la presa principal, resultando con 24,399.49 y 53,543.60 ppm respectivamente, valores que sobrepasan el límite máximo permisible para un suelo de uso agrícola-industrial.

Las distancias aproximadas con respecto al límite del predio son: 50 m de la presa principal y 30 m de la pera o localización por el lado noreste del predio. La importancia se debe a que podría existir contaminación al manto freático somero en los límites del predio donde se ubicará la Planta Hokchi.

En general la presencia de algunas trazas de hidrocarburos encontrados en puntos específicos pegados a la línea de costa puede ser un indicativo de contaminación por yacimientos emanaciones naturales o posibles derrames de hidrocarburos en instalaciones offshore.

Los cambios físicos y químicos que las manchas de petróleo experimentan en el mar son conocidos como "procesos de degradación natural”, principalmente el proceso de sedimentación del petróleo derramado en el mar, el cual se debe por la adhesión de materia orgánica a las partículas de petróleo hasta rebasar la densidad del agua para precipitarse y al paso del tiempo y la dinámica marina tanto de oleaje, vientos y corrientes marinas han influenciado su arribo a la zona costera.

Aunque hasta ahora no rebasan los valores máximos permitidos, son un indicativo de los posibles efectos acumulativos si existieran incidentes principalmente en las instalaciones marinas.

Hidrología Superficial

Sistema Ambiental Regional (SAR), el Área de Influencia Directa (AID) y el Área del Proyecto (AP), específicamente las instalaciones marinas se ubicarán en la porción sur del Golfo de México frente a las costas del municipio de Paraíso Tabasco y las instalaciones terrestres estarán inmersas en la region hidrológica RH29 denominada “Coatzacoalcos”.

Las instalaciones terrestres del Proyecto se ubicarán dentro de la Cuenca **A** “Río Tonalá y Lagunas del Coatzacoalcos”; así como dentro de la subcuenca **a** “Lagunas el Carmen y Machona”, pertenecientes a la Región Hidrológica RH29.

La cuenca, subcuenca y el sistema lagunar por el oeste de las instalaciones hacia la desembocadura del río Tonalá son las lagunas El Carmen y La Machona unidas por el Pajonal (ver Figura IV.135 del SAR) y como parte de ese complejo sistema lagunar también incluye las lagunas La Redonda y La Palma; las cuales pertenecen a la RH29.

Por el lado Este a aproximadamente 4 kilómetros del predio donde se ubicará la Planta Hokchi, inicia la Región Hidrológica RH30 conocida como “Grijalva-Usumacinta” a la que pertenece el sistema lagunar Mecoacán, donde se incluyen las lagunas Juliva, La Tinaja, El Eslabón, Pomposú, Pucté, Troncón, El Provecho, El Desague, El Espino, El Cerco y Laguna Santa Anita, hasta su desembocadura en la Barra de Chiltepec los cuales se encuentran dentro de los municipios de Paraíso y Centla hacia la zona costera este del SAR hasta el delta del Río Grijalva.

Estos sistemas lagunares, deben su origen a fenómenos de regresión marina y a procesos dinámicos de sedimentación fluvio-terrestre por efectos de las mareas, corrientes marinas y el oleaje. En este mismo contexto, por los usos de los cuerpos de agua desde su origen en los estados de Chiapas y todo el recorrido por el estado de tabasco; así como los usos de suelo en toda la llanura costera del SAR, hacen que existan posibles amenazas de tipo antropogénicas, los cuales se deben principalmente por:

→ Contaminación por hidrocarburos debido a las actividades, tanto de exploración como de producción de hidrocarburos en toda la región definida como SAR para este proyecto; así como del almacenamiento y transporte de los mismos a lo largo y ancho de la región costera.

→ Contaminación por coliformes fecales debido a las aguas residuales municipales vertidas por las localidades a los cuerpos de agua que desembocan hacia estos sistemas lagunares.

→ Alteración de las características fisicoquímicas (salinidad) de los cuerpos lagunares y sus zonas de inundación por la abertura de la boca de Panteones.

→ Contaminación por nutrientes transportados por los escurrimientos de tipo agrícola

→ Presión sobre algunas especies de importancia pesquera, como el ostión en las lagunas El Carmen, Pajonal y La Machona.

→ Por el lado oeste del proyecto donde se ubica el sistema lagunar Mecoacán hasta la desembocadura del río Grijalva, los usos principales del agua superficial son para vías de comunicación, abastecimiento a las poblaciones y menor escala para uso industrial.

De datos de calidad del agua superficial en estos sistemas lagunares, la Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental del estado de Tabasco de reportes de 2016, indica que:

→ En la desembocadura de la Laguna el Carmen, a la altura de La Villa de Sanchez Magallanes los Sólidos Suspendidos Totales (116 mg/litro) indican que el agua se encuentra en un rango aceptable; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5 3 mg/litro), indica que se encuentra en excelentes condiciones de calidad; y en cuanto a Coliformes (240,000 NMP/100 ml), indica que está fuertemente contaminada.

→ La Machona a la altura del Puente Boca de Panteones, a la altura del Ejido "el Alacrán", los Sólidos Suspendidos Totales (SST 80 mg/litro) indican que se encuentra en un rango aceptable; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5 5 mg/litro), indica que se encuentra de buena calidad; y en cuanto a Coliformes (240,000 NMP/100 ml), indica que está fuertemente contaminada.

→ La calidad del agua de la Laguna de Mecoacán, a la altura del puente de el “Bellote”, los Sólidos Suspendidos Totales SST (88 mg/litro) indican que se encuentra en un rango aceptable; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5 2 mg/litro) indica que se encuentra de buena calidad; y en cuanto a Coliformes (24,000 NMP/100 ml) indica que está fuertemente contaminada.

→ La calidad del agua para el río Grijalva en cuanto a Sólidos Suspendidos Totales (SST 28 mg/litro) lo que indica que se encuentra en un rango de buena calidad; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5 6 mg/litro) indica que se encuentra aceptable; y Coliformes 54,000 NMP/100 ml, lo que indica que está fuertemente contaminada.

Resultados de calidad del agua (Sistema Lagunar)

De los resultados del análisis de calidad de agua para diferentes puntos del SAR, se tiene:

Salinidad. La laguna El Carmen presenta en promedio de 24.89 ppmil en superficie y de 25.78 ppmil en el fondo; la Laguna Machona los valores promedio de superficie fueron en promedio de 3.30 ppmil y en el fondo de 3.48 ppmil; en tanto la Laguna de Tupilco como en la del Zorro (Lagua Grande de las Flores) los valores encontrados en todas las estaciones fueron valores < 2 ppmil.

El comportamiento salino de la Laguna el Cramen, indica que está fuertemente influenciado por la dinámica del mar a través de la boca (Boca Santa Ana) que conecta el sistema lagunar con el mar, caso contrario para las Lagunas en Tupilco y Laguna Grande de las Flores (El Zorro) al no tener contacto con el mar la salinidad presenta valores muy bajos de salinidad. Respecto a la Laguna de Mecoacán los valores promedio de superficie fueron de 21.31 ppmil, es de hacer notar que para este sistema lagunar la variación es estacional, lo que indica que están influenciadas claramente por el reflujo de marea y los aportes de los ríos en otras temporadas.

Potencial de hidrógeno (pH). Todos los valores reportados promedio más altos se presentaron a nivel de fondos en todos los sistemas, sin embargo, estos valores están dentro del rango permitido en la NOM-001-ECOL-1996 para descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales , que es de 5 a 10.

Oxígeno Disuelto. En general en todo el sistema lagunar, se observa un comportamiento relativamente homogéneo, sin embargo, solo en la Laguna del Carmen a nivel de fondo se encontró un valor de 4.51 mg/L que no cumple con el límite mínimo admisible establecido en los Criterios Ecológicos de 1989 que es de 5 mg/L para la protección de la vida acuática en agua dulce y marina.

Solidos Suspendidos Totales (SST). Para este parámetro, se concluye para éste parámetro que los valores detectados en los sistemas lagunares evaluados que no representan un problema de contaminación en la columna de agua para el desarrollo de la vida acuática.

Nutrientes. Los valores de nutrientes, para el caso del nitrógeno amoniacal los valores más bajos se presentaron en las estaciones de la Laguna el Carmen y Mecoacán y las concentraciones más altas en las estaciones de Machona, Tupilco y del Zorro, no obstante, en las cinco lagunas los valores superaron el valor máximo del intervalo reportado en los criterios de calidad del agua y de la literatura.

Amonio. El amonio es una forma muy común en estos ecosistemas y su permanencia es constante a lo largo del ciclo anual, en ocasiones su disminución está relacionada con una mayor actividad fotosintética o una mayor oxigenación del agua. En general la cantidad de amonio presente en las aguas lagunares, está íntimamente relacionada con procesos biológicos de características heterotróficas, tanto en la columna de agua como en los sedimentos (Contreras et al. 1996).

Nitritos. Para el caso de los nitritos se obtuvo un comportamiento semejante con los valores más bajos en las estaciones de la Laguna el Carmen y Mecoacán, y los más altos en Machona, Tupilco y Zorro. En toda el área de estudio los valores estuvieron por debajo de 0.024 mg/L, menores o iguales a los reportados en los criterios ecológicos de calidad del agua y a los de la literatura de 0 .02 y 0.07 mg/L respectivamente.

Nitratos. Con respecto a los nitratos, las concentraciones más bajas de este nutriente se dieron en las lagunas el Carmen, Machona y Mecoacán. Tupilco y el Zorro, obtuvieron valores por arriba de 0.05 mg/L. Las lagunas del Carmen, Machona y Mecoacán no rebasaron las concentraciones de los criterios ecológicos de calidad del agua.

Los valores promedio de los nitratos y nitritos tienden a ser más bajos comparados con los del amonio, frecuentemente los máximos se alcanzan durante la época de lluvias. Las formas nitrogenadas, la dominante es el amonio y cuya relación con respecto al nitrógeno total inorgánico va del 60 al 98 %, lo anterior tiene una fuerte relación con la presencia y dominancia con formas nanofitoplanctónicas quienes manifiestan una considerable aportación a la biomasa total del fitoplancton, ya que como se ha comprobado el nanofitoplancton capta preferentemente nitrógeno regenerado (amonio), mientras que el microfitoplancton lo hace con formas nitrogenadas nuevas (nitratos), (Contreras et al. 1996).

Fosfatos. Los resultados en las lagunas del fósforo total y fosfatos totales fue el de obtener un comportamiento semejante al del nitrógeno amoniacal y nitritos con los valores más bajos en las estaciones de la Laguna el Carmen y Mecoacán, y los más altos en Machona, Tupilco y Zorro. Las estaciones de la Laguna Mecoacán así como dos estaciones de la laguna el Carmen en superficie y fondo mostraron valores de fósforo total por debajo del valor máximo reportado en la literatura de 0.14 mg/L. Con respecto a los fosfatos totales, todos los puntos de muestreo de las cinco lagunas estuvieron por arriba de las concentraciones reportadas en los criterios y la literatura de 0.002 y 0.034 mg/L respectivamente. Las variaciones estacionales de los nutrientes son amplias. Las concentraciones más elevadas se sitúan después del período de lluvias, cuando además de los elementos autóctonos, se suman los provenientes del arrastre terrígeno originado por los ríos.

Las concentraciones mínimas se detectan después del florecimiento fitoplanctónico primaveral pero aún en estos meses los nutrientes se detectan en cantidades superiores a las disponibles en la zona marina cercana.

Sílice. El silicio disuelto en el agua Si(OH4) tiene una concentración variable (mayor en aguas continentales) y normalmente se halla en exceso con respecto al nitrógeno y al fósforo, excepto en zonas de vertidos domésticos y en grandes floraciones de diatomeas, La sílice disuelta se denomina reactiva porque responde al test colorimétrico con Molibdato, adquiriendo un típico color azul. De esta manera, los valores de sílice reactiva en las cinco lagunas obtuvieron valores en un intervalo de 0.91 y 15.32 mg/L. Las concentraciones menores se presentaron en la laguna el Carmen y Mecoacán con un valor mínimo de 0.91 mg/L en agua de superficie en el Carmen y un máximo de 10.2 mg/L en Mecoacán en agua de superficie. Por otra parte, las concentraciones más altas se dieron en Machona, Tupilco y el Zorro con un valor mínimo de 9.92 mg/L en agua de fondo en la laguna de Machona y el máximo en agua de superficie del Zorro con 15.32 mg/L. Todos los valores obtenidos están por arriba del intervalo de 0.65-3.32 mg/L de silicatos reportados en la literatura.

Carbono Orgánico Total. Para el caso del Carbono Orgánico Total (COT), las concentraciones más bajas de este parámetro se dieron en las lagunas el Carmen y Mecoacán y los más altos fueron para Machona, Tupilco y el Zorro. Las concentraciones obtenidas en las cinco lagunas en general son superiores a los valores obtenidos en el área somera del Golfo de México.

Pigmentos fotosintéticos: Clorofilas a, b, c y feofitinas. Respecto a la clorofila a en agua superficial, los valores más altos se presentaron en la laguna Machona y en agua de fondo con valores que alcanzaron una mediana de 26.487 mg/m3 y un valor máximo de 54,535 mg/m3, para agua de superficie, el valor de la mediana fue de 17.511 mg/m3 y un valor extremo de 49.456 mg/m3.

Las demás lagunas obtuvieron valores menores a 10 mg/m3, de las cinco lagunas muestreadas, el Carmen, Tupilco y el Zorro, los valores de la clorofila “a” se encontraron dentro de estos intervalos.

En general la relación entre la cantidad de clorofila “a” y las feofitinas es indicadora del estado fisiológico de las poblaciones del fitoplancton, una relativa abundancia de feofitinas indica la presencia de una población en decadencia, lo cual solamente se mostró en cuatro estaciones de las cinco muestreadas en la laguna Machona. Los intervalos reportados en la literatura en lagunas costeras van de 0.0 a 11.0 mg/m3. La presencia de las feofitinas es

a veces explicada en términos de decaimiento y degradación de las poblaciones fitoplanctónicas por encontrarse en una etapa avanzada de la sucesión, o bien en términos del pastoreo por zooplancton.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP). Los hidrocarburos aromáticos policíclicos no alcanzaron la concentración mínima detectable de acuerdo a los métodos empleados en ninguna de las muestras de agua en las lagunas. Para la Laguna de Mecoacán se reporta la presencia de algunos HAP (acenaftileno, antraceno, Benzo(a) antraceno, Benzo(a) pireno, Benzo (g, h, i) perileno, Fenantreno, Fluoranteno, naftaleno y Pireno) en concentraciones menores a 0.15 µg/L, que son inferiores a los criterios ecológicos establecidos para la protección de la vida acuática marina.

Metales. El comportamiento general de los metales en agua para el aluminio, cobalto, cobre, cromo, estaño, hierro, mercurio, níquel y plomo presentaron las concentraciones más altas en la laguna Machona, mientras que el vanadio y zinc también presentaron los máximos valores en la laguna de Tupilco. El arsénico y bario presentaron valores altos en las lagunas Tupilco y Mecoacán.

No se detectaron Hidrocarburos Totales (HTP) de Petróleo, Biomarcadores del petróleo ni Hidrocarburos monoaromáticos BTEX en las muestras de agua colectadas en las lagunas el Carmen, Machona, Coral, el Zorro y Mecoacán.

Resultados de calidad del agua (Sistema marino)

En cuanto a Biomarcadores del petróleo (BMK), no se identificaron compuestos biomarcadores de petróleo ni Hidrocarburos monoaromáticos (BTEX) en las muestras de agua en para este proyecto en zona marina.

Metales. Las concentraciones de metales en agua fueron bajas, inferiores en todos los casos al límite de detección del método analítico (LDM) para el arsénico, bario, cadmio, cobalto, cobre, plomo y vanadio. Para el cromo, níquel, estaño y zinc se encontraron solamente dos muestras con concentraciones detectables en sitios distintos del campo Hokchi. El aluminio presentó concentraciones menores a las que representan efectos ambientales crónicos o agudos, mientras que el hierro presentó algunas concentraciones (8 en total) superiores al efecto crónico (0.05 mg/L) y una superior al efecto agudo (0.30 mg/L). Se sugiere vigilar la variación del hierro para verificar si el pico de concentración observado es un evento aislado o representa una tendencia en las concentraciones.

Potencial RedOx. El potencial de óxido-reducción (RedOx) del sedimento marino es una característica relacionada con varias condiciones del sedimento, destacando el grado de depositación de materia, el flujo de materia orgánica, la actividad de la fauna béntica y la concentración de oxígeno en el fondo de la columna de agua. Los valores de potencial de óxido-reducción en el Campo Hokchi mostraron un intervalo de -58.2 a 242.6 mV, con valores negativos en 42 de las 48 muestras. Los sitios con potencial positivo se ubicaron en el norte del polígono de estudio. El resultado indica que durante el estudio prevalecieron condiciones reductoras y teóricamente ocurre un incremento de materia orgánica debido a una tasa baja de descomposición.

Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP). No se encontraron cantidades detectables de HTP en los sedimentos superficiales del campo Hokchi. Los HTP tampoco fueron encontrados en los estudios de Línea Base Ambiental Regional de Campos de Aguas Someras de la Ronda 1, ni en el Monitoreo Ambiental del Golfo de México, Campaña Oceanográfica Ueyatl 1, realizados recientemente por el Instituto Mexicano del Petróleo en 2014.

Los Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP) en sedimento superficial del Campo Hokchi no alcanzaron la concentración mínima detectable en ninguna de las muestras tomadas durante el crucero.

Biomarcadores del petróleo (BMK), No se identificaron compuestos biomarcadores de petróleo en las muestras de sedimento en el Campo Hokchi.

Metales. La distribución general de los metales mostró que las concentraciones más altas ocurrieron en los sitios ubicados a lo largo del Oleogasoducto, seguidos por la zona de la Retícula, particularmente el cobre, cobalto, hierro, níquel, plomo, vanadio, zinc y cromo mostraron este comportamiento. Las concentraciones mínimas de vanadio, cromo, manganeso, cobalto, níquel, aluminio y zinc se observaron con mayor frecuencia en la zona sur de la Retícula (sitios 46 y 47). También se observa que las concentraciones de los metales en la zona de Réplica de campo 2016/2017 presentaron en general las concentraciones más estables (CV más bajo) en comparación con las demás zonas del Campo Hokchi. En la zona de la Retícula se incrementa la variabilidad en la concentración, alcanzando el criterio TEL. en los sitios del Ducto se presentaron con más frecuencia las concentraciones más altas, así como en uno de los sitios costeros. Este comportamiento se observó para el cobre, zinc, cobalto, cromo y aluminio.

El comportamiento del arsénico sugiere que tiene una fuente distinta a la relacionada con los pozos.

En general para la zona marina, los compuestos orgánicos (hidrocarburos totales de petróleo, compuestos aromáticos policíclicos y monoaromáticos, biomarcadores) no fueron detectados en agua ni sedimento en el área del Proyecto en zona marina. Estos resultados son consistentes con estudios realizados en el sur del Golfo de México, en los que se han podido identificar pocos compuestos y en concentraciones bajas.

De los 16 metales analizados en sedimento, el cadmio no fue detectado en ningún sitio, mientras que el mercurio, selenio y estaño se identificaron en pocos sitios. En general, la concentración de los metales restantes en orden decreciente fue: Mn > Ba > Zn > V > Cr > As > Ni > Sn > Cu > Co > Pb. El resultado es similar a lo observado en otros estudios en la región sur del Golfo, en los que el manganeso y el bario también fueron los metales más abundantes en sedimento.

Con respecto al posible efecto ambiental, el arsénico fue el único metal que superó el criterio TEL en 80% de los sitios dentro del Campo Hokchi, por lo que se recomienda vigilar la evolución de sus concentraciones. El análisis de factores de enriquecimiento e índices de geo-acumulación para el arsénico indicaron que sus concentraciones están altamente

influenciadas por las actividades humanas, mostrando en la mayoría de los casos enriquecimiento severo y muy severo.

Hidrología Subterránea

En cuanto a la hidrología subterránea, el SAR se encuentra dentro de dos acuíferos, por el lado suroeste, desde la desembocadura del río Tonalá hasta la Terminal Marítima Dos Bocas, incluyendo las instalaciones terrestres del Proyecto se ubicará sobre el **acuífero 2702 conocida como "La Chontalpa"**. Hcia el Este de las futuras de la Terminal Marítima Dos Bocas, se encuentra el **acuífero 2704 "Centla"**.

→ Ambos acuíferos presentan niveles de saturación bastante someros que se reflejan con la presencia de lagos y lagunas que conforman la superficie inclusive más allá del SAR.

→ El comportamiento hidráulico de este acuífero indica que los niveles estáticos se encuentran en profundidades que varían de 5.0 a 1.0 m "La Chontalapa" y de 14 a 4 m para "Centla", registrándose los más profundos en la parte sur del acuífero, ascendiendo gradualmente hacia la línea de costa.

→ La dirección del flujo de agua subterránea va de sur a norte hasta llegar al Golfo de México como destino final.

En cuanto a contaminación, la Comisión Nacional de Agua (DOF: 20 de abril de 2015), indica que las siguientes actividades humanas influyen a la contaminación de estos acuíferos:

→ Instalaciones de la industria petroleras (Petroquímica, baterías y compresoras) a lo largo y ancho de éstos acuíferos.

→ Descargas de aguas residuales de origen doméstico de las poblaciones.

→ Industrias Azucareras hacia el sur del SAR.

→ Agricultura con aplicación de agroquímicos en forma extensiva (cultivo de limón, naranja, piña, arroz, sorgo, caña de azúcar, papaya, etc.).

La Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea de acuerdo a la publicación de disponibilidad de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos (DOF: lunes 20 de abril de 2015) para las regiones hidrológico-administrativas Frontera Sur, establece que:

→ El acuífero **"La Chontalpa (27-02)"**, donde el Proyecto podría suministrarse de dicho recurso, tiene una **disponibilidad de 1580.863690 millones de metros cúbicos anuales para otorgar concesiones** o asignaciones para mantenerlo en condiciones sustentables y no existe déficit del recurso.

→ Para el acuífero "Centla (27-04)" que es complemento del SAR, tiene una disponibilidad de 829.236336 millones de metros cúbicos anuales.

Bajo estos datos disponibles, se considera que la autoridad Federal en materia de agua no tendrá objeción por otorgarle la concesión al Proyecto para su explotación, uso y aprovechamiento del agua.

Aspectos bióticos

Vegetación y Fauna terrestre

Los resultados del muestreo de la Vegetación en puntos definidos a lo largo de la zona costera, tuvo como finalidad la caracterización actual, así como verificar la problemática actual a que son sometidos los ecosistemas costeros por las actividades antropogénicas como la Agricultura, ganadería y áreas de uso industrial, principalmente por la explotación del petróleo a lo largo de la costa.

De los trabajos de campo, se observa que ha habido una enorme transformación de la vegetación de las dunas costeras, en algunos casos solamente quedan relictos de vegetación herbácea y matorrales en los sistemas de dunas, pero la vegetación de selva ha desaparecido en gran parte de la franja costera del SAR incluido para el presente estudio.

La siembra de cocotales, cuyo auge económico se dio desde el siglo pasado por la producción de coprera, ocupa aún grandes extensiones. El uso de suelo actual en el SAR delimitado, sigue predominando la agricultura con el cultivo de cocos en toda la franja costera.

Dentro de estas actividades antrópicas, también la ganadería a lo largo de la zona costera incluyendo sobre dunas próximas a la línea de costa, ocupan grandes extensiones; así como también, las lagunas interdunarias se usan como abrevaderos para el ganado. Hacia el oeste del litoral, también pueden encontrarse jagüeyes en las zonas de menos inundación, donde aflora el agua del manto freático y forman pequeñas lagunas interdunarias artificiales.

Vegetación en el Área del Proyecto:

→ Específicamente en el área del proyecto donde se ubicará la Planta Hokchi, en el polígono denominado **Fracción "A"** y **Fracción "B"**, la vegetación está constituida por comunidades vegetales del tipo Agrícola (*Coco nusífera*) y Pastizal cultivado e inducido con especies como: grama de agua (*Panicum purpurascens*), pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y pasto arrocillo (*Echinochloa polystachya*); así como de vegetación de crecimiento rápido de tipo acahual representadas por guácimo (*Guazuma ulmifolia*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), majagua (*Hampea macrocarpa*), jolotzin (*Heliocarpus donell-smithii*); así como especies de enredaderas; cundeamor (*Momordica charantia*), campanita (*Quamoclit pinnata*).

Solo se identificaron 7 ejemplares de Palma real (*Roystonea regia),* la cual se encuentra en estatus (Pr) Sujetas a Protección Especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010; de las cuales, 2 ejemplares se ubican en el polígono denominado **Fracción "A"** y 5 ejemplares en el polígono **Fracción "B"**.

→ La vegetación en el área donde se construirá la Estación de medición, se encontró que está constitutida por especies predominantes de pastizal cultivado y Coco nusífera principalmente.

→ También se observó que la vegetación en el derecho de vía existente, está constituida por escasa vegetación de pastizal inducido y algunas especies herbáceas propias de la zona.

→ Las especies de Fauna avistadas y observadas en el SAR y en el Área del Proyecto, se enlistan en el Anexo No. 4 y la evidencia fotográfica en el Anexo No. 5 de la MIA.

Cabe mencionar también que dentro de la vegetación más sensible a nivel regional se encuentran los manglares fuera del Polígono de donde se ubicaran las instalaciones terrestres, principalmente aquellas especies localizadas en el Sistema lagunar el Carmen-Pajonal y la Machona, que son los que podrían ser afectados en caso de un derrame o fuga accidental desde las plataformas marinas e inclusive a la fauna y a las actividades económicas del sitio.

Biota

Fitoplancton, Zooplancton y meroplancton

En cuanto a la biota fitoplantónica, se observa en las estaciones con mayor riqueza fitoplanctóncia se localizan a lo largo de la costa entre las cotas de los 15 a 50 m de profundidad. Estas particularmente se observan en áreas con fuerte influencia de descargas pluviale s. Las estaciones con menos taxones fueron las más alejadas de la costa. El área contractual de Hokchi y las instalaciones de soporte en tierra se hayan en sitios de mediana riqueza y abundancia.

Las estaciones con mayor abundancia están localizadas frente a las costas de Campeche y Tabasco donde la concentración de nutrientes, materia orgánica particulada y disuelta es mayor, lo que favorece la densidad fitoplanctónica.

El 90.6% de la riqueza lo representan solo 21 taxones; Proboscia alata fue la especie más abundante con aporte del 43.21%, seguida de Hemiaulos hauckii con 9.35%, mientras que el género Chaetoceros fue el más abundante representado con 10 taxones dentro de los 21. La diversidad fue mayor en aquellas estaciones próximas a la costa, que result aron en general con mayor complejidad biológica.

Zooplancton y meroplancton. Frente a la costa de Tabasco se presentan los valores más altos de taxón de zooplancton, las elevadas concentraciones de solidos orgánicos suspendidos y de fitoplancton frente a la s descargas de los ríos Grijalva-Usumacinta, es propiciado por el enriquecimiento de la capa eufótica, dando como resultado la fertilización de la columna de agua por aporte de nutrientes epicontinentales, que suele incrementarse durante las épocas de lluvias y tormentas (junio - octubre) y por efecto de las corrientes costeras. De modo que, esta disponibilidad de nutrientes es aprovechado por el fitoplancton a través de florecimientos algales y como consecuencia un incremento de la fauna zooplanctónica.

A diferencia de la distribución espacial del fitoplancton, la del zooplancton fue mayor en la zona central del polígono de estudio, los valores más bajos se observaron hacia la zona norte y en condiciones más oceánicas, alejada de la influencia de las descargas de ríos y lagunas costeras.

Bentos

Los patrones de variación interanuales son predecibles y los espaciales responden a la complejidad del fondo marino y a la topografía de la plataforma continental (área de extensión y quiebre de plataforma). Los valores de diversidad indican una comunidad relativamente estable, con una cadena trófica de naturaleza detritivora compuesta por 5 niveles. El bentos está incluido en el nivel II, dentro del cual quedan comprendidos la infauna, la epifauna y los camarones peneidos.

El estudio del bentos en la zona del campo Hokchi y su área de influencia hasta la línea costera, con base en el análisis de los principales atributos se confirmó que el tipo de sedimento, la temperatura y la profundidad influyen grandemente en los procesos que determinan la estructura de la fauna. Es decir, se identificó que la distribución espacial de la fauna está definida, no solo por factores bióticos y abióticos, sino por la propia biología (dinámica) de los organismos.

Macrobentos

En base a la información disponible de la zona de estudio que abarca el área del proyecto y su zona de influencia que resultó del análisis de las muestras de sedimentos colectadas en el crucero oceanográfico en febrero de 2016 en el área Hokchi y el área de influencia, la composición faunística de la zona comprende siete filas de invertebrados macrobentónicos: anélidos, crustáceos (Arthropoda), equinodermos, moluscos, nemátodos, sipuncúlidos y anfioxos (Cephalochordata).
En relación con los poliquetos, se recolectaron 22 familias, las mejor representadas en cuanto a su abundancia e incidencia en las estaciones fueron, en orden decreciente, Cirratulidae (99 individuos en 12 estaciones), Spionidae (87 individuos en 14 estaciones), Paraonidae (45 individuos en 12 estaciones), Glyceridae (41 individuos en 13 estaciones), Syllidae (36 individuos en 12 estaciones), Dorvilleidae (30 individuos en 13 estaciones) y Pisionidae (30 individuos en 9 estaciones)

La distribución particular de la abundancia de los poliquetos en cada estación fue variable, lo que puede observarse. Los anélidos fueron el componente dominante de la macrofauna bentónica, lo cual coincide con los registros de Salazar-Vallejo y Londoño Mesa (2004) para diferentes partes del mundo.

En términos generales, las tres familias dominantes de anélidos fueron Cirratulidae, Spionidae y Paraonidae. Éstos organismos son habitantes de zonas impactadas por exceso de materia orgánica en el sedimento (Méndez 2002; Ferrando y Méndez 2011).

Necton.

Los patrones espacio-temporales de este componente están correlacionados significativamente con los tres periodos climatológicos reconocidos en el Golfo de México; es decir, son altamente predecibles. La provincia carbonatada concentra los valores más altos de biomasa y diversidad y se reconoce una tendencia de incremento en la abundancia en la zona próxima al área de plataformas petroleras en la Sonda de Campeche.
Es estudio del componente ictiofaunístico en el área del proyecto Hokchi y su zona de influencia hasta la zona costera dentro de profundidad máxima de 130 m registró un total de 102 son peces óseos y 6 elasmobranquios pertenecientes a 1 Phylum, 2 Clases, 21 Órdenes, 47 familias, 82 géneros y 108 táxones.

Sin embargo, otros estudios realizados (crucero oceanográfico en febrero de 2016 en el área Hokchi y el área de influencia) indican que en otras temporadas del año, la captura de número total de especies ha sido baja, lo que indica que el área ha sido fuertemente impactada por las actividades antropogénicas que se llevan a cabo en esa región del país.

Por otra parte, varias de las especies capturadas son de cierta importancia comercial en la región, sobre todo para la pesca artesanal, en la denominada pesca de “escama”, que captura principalmente peces demersales. De lo anterior se deduce que es una zona con dominancia de especies demersales, una diversidad y riqueza baja en general, y que la ictiofauna a lo largo de la zona estudiada es la misma.

En cuanto a la comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos (bentónica), ninguna de estas especies de invertebrados identificados ni fauna (nectónica) representada por especies de peces en el área y zona de influencia del proyecto estan citada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

De información documental de estudios previos, se sabe que en la zona de estudio existe presencia de cinco especies de tortugas marinas reportadas para la región del Golfo de México y Atlántico; Las especies son: *Lepidochelys kempii* (tortuga lora), *Chelonia mydas* (tortuga blanca o verde), *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey), *Caretta caretta* (tortuga caguama) y *Dermochelys coriacea* (tortuga laúd).

Estas especies marinas por su ubicación en toda la franja costera que abarca el SAR delimitado para el Proyecto, son las especies más sensibles ya que por su comportamiento tanto para su alimentación como para su reproducción tienden a arribar o adentrase en la arena e inclusive algunas de estas especies a adentrase al sistema lagunar que está incluido en el SAR en estudio.

Sin embargo, aun siendo una especie que no presenta endemismo por su amplia distribución por el Atlántico, está catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la con Categoría de Peligro de Extinción (P).

Paisaje

Una vez evaluada la **calidad visual** y la **fragilidad visual** del paisaje se concluye conforme al método de evaluación, que el uso recomendado desde la perspectiva de la vista sur y sureste del Predio Fracción “A” y Fraccón “B”, con estudios más profundos puede incorporarse a actividades de alto impacto visual como lo es la Planta Hokchi.

Por el lado norte desde la perspectiva de la playa, aún siendo la recomendación para el uso de actividades de bajo impacto visual (recreación), podrían incluirse medidas que mitiguen el impacto visual a observadores, lo cual podría ser, conservado una franja con vegetación existente o cultivando vegetación costera que también funcionaría como medida para evitar la erosión eólica y marina en dicha zona costera.

Finalmente, en la parte socioeconómica, tenemos que:

Factores Socioeconómicos

Los municipios que se incluyen en el SAR: Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Centla; con forme a la información disponible, se tiene que:

El crecimiento poblacional ha sido muy bajo en los últimos 20 años, con tendencias de crecimiento poblacional lento y presentan una densidad de población que oscila en los 200 habitantes por kilómetro cuadrado. Hasta ahora, la distribución de su población en los cuatro municipios incluidos en el SAR, su comportamiento es parecido; es decir, tanto en número de hombres y mujeres es similar incluyendo la edad.

En cuanto a lenguas indígenas que se hablan en la zona de estudio, en el municipio de Paraíso se registraron 10 lenguas, Cárdenas 23, Comalcalco 20 y Centla 15. Lo anterior indica que a pesar de que en los últimos años ha existido presión por el desarrollo de actividades petroleras, aún no ha existido demasiada influencia hacia estos sectores de la población. Cabe mencionar que lo anterior se mantiene, debido a la escasa o casi nula migración de la población presentando un índice de migración “muy bajo”.

La ocupación de la población económicamente activa es casi homogénea en los municipios incluidos en el SAR; del 21 al 30% desarrollan actividades en el sector primario, de un 30 a un 40 % en actividades de servicios y de un 15 a un 20% en el sector secundario. Lo que indica que aún existe un alto porcentaje de la población dedicada a actividades de agricultura y ganadería; así como de población que emigra dentro del mismo municipio hacia las ciudades en busca de mejores oportunidades originando la demanda de servicios (vivienda, salud, seguridad, entre otros).

La producción del sector agrícola y pecuario aún se ve reflejado en el porcentaje ocupacional de la población y a nivel SAR en la zona costera de los cuatro municipios, predominando con un amplio porcentaje la producción de coco y la producción ganadera, lo cual se refleja en el mapa de uso de suelo en el Aexo 2 del presente estudio.

Lo anterior indica que el desarrollo del Proyecto, podría aportar o generar impactos positivos en cuanto a empleos o mano de obra requerida en cualquiera de las etapas del desarrollo del mismo y a su vez incrementar la calidad de vida para algunos sectores de la población, influenciados por los empleos directos e indirectos.

CONTENIDO

Descripción	Página
V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL	2
V.1 Identificación de impactos.	2
V.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.	2
V.2 Caracterización de los impactos	7
V.2.1 Indicadores de impacto y de cambio climático	10
V.3 Valoración de los impactos.	13
V.4 Impactos residuales	18
V.5 Impactos acumulativos	19
V.6 Conclusiones.	21

FIGURAS

Descripción	Página
Figura V. 1 Modelo Presión-Estado-Respuesta para indicadores ambientales	11

CUADROS

Descripción	Página
Cuadro V. 1 Puntuaciones para la Magnitud de Impacto	5
Cuadro V. 2 Puntuaciones para Importancia del Impacto	5
Cuadro V. 3 Valoración Global del Impacto	6
Cuadro V. 4 Escala para la valoración de los impactos significativos	8
Cuadro V. 5 Indicadores ambientales	13
Cuadro V. 6 Valores de Intensidad	14
Cuadro V. 7 Valores de Extensión	14
Cuadro V. 8 Valores de Momento	14
Cuadro V. 9 Valores de Persistencia	15
Cuadro V. 10 Valores de Reversibilidad	15
Cuadro V. 11 Valores de Recuperabilidad	16
Cuadro V. 12 Valores de Sinergia	16
Cuadro V. 13 Valores de Acumulación	16
Cuadro V. 14 Valores de Relación Causa-Efecto	17
Cuadro V. 15 Valores de Periodicidad	17
Cuadro V. 16 Clasificación de Impactos	17
Cuadro V. 17 Valoración de los impactos significativos del proyecto	18

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

V.1 Identificación de impactos.

V.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.

Para la identificación y evaluación de los impactos al ambiente potenciales de este proyecto se tomó como base el Procedimiento de Gestión Ambiental (HOK-ENV-PG-001), el cual establece la metodología para identificar los aspectos ambientales de las actividades, identificar y evaluar los impactos ambientales asociados, y determinar los aspectos ambientales significativos.

Como primera etapa de la identificación de impactos ambientales para la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto, se conforma un equipo de evaluación multidisciplinario conformado por expertos donde se ponen de manifiesto las características de los recursos naturales y su potencial afectación de acuerdo a las características del proyecto,

El equipo de evaluación realiza en esta etapa una lista de verificación donde se indican posibles impactos, o acciones, factores ambientales, etc. a la vista de ella se deducirán cuáles de esos impactos son mínimos o efectos notables.

En la segunda etapa se procede a la identificación de los impactos, para ello se considera el desarrollo de una matriz de interacción, basada en la matriz de Leopold, que está en función de las actividades del proyecto (potencialmente propiciadoras de impactos al ambiente) y de factores ambientales (que pueden recibir el efecto de los impactos de los componentes del proyecto), identificados en los capítulos II y IV de la presente manifestación. Así, en esta etapa se llega a un nivel prospectivo que inició a partir del conocimiento de la estructura y del funcionamiento del sistema ambiental para concluir con la determinación de las interacciones (impactos) entre las actividades del proyecto y los factores del ambiente.

Posteriormente se pasa a la etapa de evaluación o valoración de los impactos, en la cual el valor de cada impacto dependerá de la cantidad y de la calidad del factor afectado, de la importancia o contribución de éste a la variación de la calidad del ambiente, del grado de incidencia de la afectación y de las características del efecto expresadas en los atributos que pudieran describirlos.

Con base en lo anterior, la valoración realizada integra un trabajo cuantitativo que determina el valor de cada impacto. La metodología concluye en esta fase con la determinación del nivel global de impacto para cada uno de los impactos, al que se le aplica la frecuencia en la que se presentará el impacto a fin de establecer la lista de impactos significativos.

Para la realización del proceso de identificación, valorización y descripción de los impactos, fue muy importante recordar las principales conclusiones del diagnóstico establecido en el capítulo IV de la presente MIA.

LISTA DE VERIFICACIÓN

Para llevar a cabo una caracterización completa de los elementos ambientales a considerar en el estudio, a continuación se proporciona la lista desarrollada para el proyecto que incluye los factores ambientales a partir de las cuales se identifican los impactos producidos por el proyecto

o actividades específicas. Ésta lista de verificación fue elaborada conforme a las actividades del proyecto descrito en el capítulo II de esta MIA y haciendo la identificación expresa de los elementos del medio que en forma particular podrían ser impactados por las actividades a desarrollarse, además de permitir la identificación, es de hacer notar que constituye una forma concisa y organizada de analizar los elementos ambientales.

Se considera una gran ventaja dicha lista de verificación, ya que con ella se cubre o se identifican casi todas las áreas de impacto; sin embargo, representan básicamente un método de identificación cualitativo, limitándose su alcance en el proceso de evaluación de impacto ambiental, a un análisis previo. A continuación se proporciona el listado de verificación de los elementos ambientales para el proyecto incluyendo la zona marina y terrestre.

A. Medio Abiótico

1. Calidad del aire y gases de efecto invernadero, se consideran principalmente los contaminantes que proporcionan información sobre la calidad del aire tales como: SO_2, CO, NO_X, hidrocarburos y materiales particulados (PM_{10} y $PM_{2.5}$).
2. Geología, geomorfología y suelo, los aspectos considerados son: Modificación al relieve marino, Alteraciones al lecho marino, Modificación al relieve terrestre, Alteraciones del suelo y Cambio de uso de suelo.
3. Hidrología superficial y subterránea, Calidad del agua marina, Usos del agua marina, Calidad del agua superficial epicontinental, Usos del agua superficial, Calidad del agua subterránea y Usos del agua subterránea

B. Medio Biótico

4. Flora, para la identificación de la vegetación tanto en el área del proyecto como en el SAR, se considera: Vegetación marina (algas, plancton, etc.), Vegetación terrestre en la zona de estudio, Vegetación en el área proyecto (abundancia y/o cobertura) y Vegetación bajo algún estatus (NOM-059 o CITES).
5. Fauna, del mismo modo: Fauna marina y terrestre en la zona de estudio, Fauna marina bajo algún estatus (NOM -059 o CITES) en el área del proyecto, Fauna terrestre en el área del proyecto (reportada o avistada) y Fauna terrestre bajo algún estatus (NOM -059 o CITES) en el área del proyecto.

C. Paisaje

Como una expresión espacial y visual, también se considera en la identificación para su evaluación:

6. La Visibilidad del paisaje (topografía: pendientes, altitud, etc.),
7. La Calidad paisajística (fondo escénico, masas de agua, formaciones vegetales, litología, etc.); así como también,
8. La fragilidad como una capacidad de absorber los cambios del entorno con las nuevas instalaciones.

D. Medio Socioeconómico

9. En el aspecto Socio-económico, la demografía, la calidad de vida y los aspectos socioculturales juegan un papel preponderante al llevarse a cabo un proyecto, por lo que se considera principalmente lo siguiente:

10. La dinámica poblacional (migración temporal o permanente),

11. Demanda de servicios que requerirá la migración temporal principalmente como (agua, energía, alcantarillado, servicio médico, hospedaje, escuelas, etc.

12. Empleo que podrían generarse (ingresos)

13. Calidad de vida, el cual de una u otra forma podría ser mejorado o disminuido desde el punto de vista por la instalación del proyecto.

14. Aceptación del proyecto por la comunidad, por lo general lo que se observa es si no existen grupos de oposición que de una u otra forma puedan causar retrasos en el proyecto.

15. Monumentos históricos, principalmente en este rubro lo que trata de reflejarse es el impacto que podría existir si existen ruinas arqueológicas cercanas al proyecto que podrían ser influenciadas o afectadas.

En síntesis, ésta lista de verificación proporciona un enfoque estructurado para la identificación de impactos y factores ambientales que conciernen para llevar a cabo una evaluación ambiental de las actividades del proyecto sobre el ambiente con el que interactúa. La adecuada elaboración y empleo de estas listas condiciona en buena medida el éxito de la evaluación del impacto ambiental, ya que es el punto de partida, y de él dependerá el desarrollo secuencial de pasos posteriores que conducirá finalmente a la valoración y síntesis de impactos, y a la formulación del plan de manejo ambiental del proyecto.

MATRIZ DE LEOPOLD

La identificación de los impactos ambientales con esta metodología se inició con la elaboración de la matriz específica para el proyecto, que incluye las actividades que se llevarán a cabo en cada una de las etapas del proyecto, donde las columnas de la matriz serán definidas por las actividades contempladas en la Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y las filas las conformarán los elementos ambientales que pueden tener interacción con dichas actividades.

Una vez elaborada la Matriz se procedió a marcar las interacciones entre las acciones del proyecto y los elementos ambientales para posteriormente llevar a cabo la valoración de la Magnitud y la Importancia de cada una de las interacciones definidas en la matriz, como se describe a continuación.

Para la valoración de la magnitud se utilizaron las puntuaciones indicadas en el Cuadro V.1.

Cuadro V. 1 Puntuaciones para la Magnitud de Impacto

Puntuación	Descripción
10	**Impacto Muy Positivo** .- Representa un resultado muy deseable en la calidad previa del factor ambiental
7	**Impacto Significativo Positivo.-** Representa un resultado deseable en la calidad previa del factor ambiental
5	**Impacto Positivo-** Representa un resultado benéfico en la calidad previa del factor ambiental
3	**Impacto Positivo Bajo.-** Representa una leve mejora en la calidad previa del factor ambiental
1	**Impacto Positivo irrelevante.-** Representa un impacto al ambiente insignificante
0	**Sin Impacto.-** No se espera que ocurra un impacto medible
- 1	**Impacto Adverso Irrelevante.-** Representa un impacto al ambiente despreciable
- 3	**Impacto Adverso Bajo.-** Representa una leve degradación de la calidad previa del factor ambiental
- 5	**Impacto Adverso.-** Representa un resultado negativo en términos de la calidad previa del factor Ambiental
- 7	**Impacto Significativo Adverso.-** Representa un resultado nada deseable en términos de la calidad previa del factor **Ambiental**
- 10	**Impacto Inaceptable.-** Representa un impacto al ambiente catastrófico

Después de indicar las puntuaciones para la magnitud, se procedió a definir en cada una de las interacciones la Importancia del impacto, de acuerdo con lo indicado en el Cuadro V.2.

Cuadro V. 2 Puntuaciones para Importancia del Impacto

Puntuación	Descripción
0	No ocurre
1	Puede ocurrir
3	Ocurre esporádicamente
5	Ocurre algunas veces
7	Ocurre a menudo
10	Ocurre siempre

Para la valoración del impacto sobre cada elemento ambiental se aplicó la siguiente ecuación, aplicándose a **todo un renglón** de la matriz.

$$I_{EA} = \frac{M_1 I_1 + \ldots\ldots + M_n I_n}{n}$$

Donde:

I_{EA}	=	Impacto sobre el elemento ambiental elegido de todas las actividades del proyecto que tienen interacción con dicho elemento.
$M_1, .., M_n$	=	Magnitud del impacto sobre el elemento ambiental elegido, de cada una de las actividades que interaccionan con dicho elemento
$I_1, ..., I_n$	=	Importancia del impacto sobre el elemento ambiental elegido de cada una de las actividades que interaccionan con dicho elemento
n	=	Número de actividades involucradas

Y para valorar el impacto de cada actividad del proyecto sobre el ambiente, se aplicó la siguiente ecuación, aplicándose a **toda una columna** de la matriz.

$$I_{AC} = \frac{M_1 I_1 + ... + M_m I_m}{m}$$

Donde:

I_{AC}	=	Impacto sobre el ambiente de la actividad elegida
$M_1, .., M_m$	=	Magnitud del impacto de la actividad elegida, de cada uno de los elementos ambientales que interaccionan con dicha actividad
$I_1, ..., I_m$	=	Importancia del impacto de la actividad elegida, de cada uno de los elementos ambientales que interaccionan con dicha actividad
m	=	Número de elementos ambientales involucrados

Finalmente se realizó la valoración global del impacto de cada elemento ambiental, así como de cada una de las actividades sobre el ambiente, se definió considerando el valor obtenido para cada opción (I_{EA} y I_{AC}) como un porcentaje de la puntuación que se obtendría con el valor de máxima afectación y aplicando lo indicado en el Cuadro V.3. Cabe mencionar que la máxima afectación posible sería con M= 10 e I= 10 lo que daría un valor de 100.

Cuadro V. 3 Valoración Global del Impacto

%	Clase de Impacto

0 - 25	Compatible
26 - 50	Moderado
51 - 75	Severo
76 - 100	Crítico

Resultados
Se identificaron impactos ambientales sobre todos los elementos ambientales considerados en la matriz, tomando en cuenta las diferentes actividades que se llevarán a cabo durante todas las etapas (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento) del proyecto.

Las actividades del proyecto con mayor cantidad de impactos fueron en la etapa preparación del sitio, principalmente en donde se ubicarán las instalaciones terrestres, como se puede apreciar en la Matriz de Leopold incluida en el Anexo 4.

Posteriormente se realizó la estimación de la magnitud y la importancia para cada uno de los impactos identificados y finalmente se estimó el impacto global sobre cada elemento ambiental y el impacto global sobre el ambiente de todas las actividades del proyecto, no encontrándose impacto severo o crítico.

La siguiente etapa de evaluación o valoración de los impactos ambientales se describe en el punto siguiente de esta MIA-R (VI.2 Caracterización de los impactos).

V.2 Caracterización de los impactos

Una vez identificados los impactos ambientales mediante la matriz de Leopold, se procede a determinar los aspectos ambientales y los impactos ambientales asociados, y se determinan aquellos que son significativos de la siguiente manera:

- Evaluación de impactos ambientales en función de su caracterización y frecuencia de ocurrencia estimada
- Determinación de la significancia inicial de los impactos ambientales
- Definición de controles operacionales
- Determinación de la significancia residual de los impactos ambientales

Para cada impacto ambiental se valorizan los siguientes elementos caracterizadores, aplicando las escalas indicadas en el Cuadro V.4:

Cuadro V. 4 Escala para la valoración de los impactos significativos

(A) Alcance

1. **Alto:** Radio de afectación superior a 15 km.
2. **Medio:** Radio de afectación entre 5 km y 15 km.
3. **Bajo:** Radio de afectación menor a 5 km.

(B) Agua

1. **Muy alta**: Derrame mayor o igual a 1 Mbbl.
2. **Alta:** Derrame mayor o igual 100 bbl e inferior a 1 Mbbl.
3. **Media:** Derrame mayor o igual a 10 bbl e inferior a 100 bbl.
4. **Baja:** Derrame mayor o igual a 1 bbl e inferior a 10 bbl.
5. **Muy baja:** Derrame inferior a 1 bbl.

(C) Aire

1. **Muy alta**: Emisiones de gas sin quemar durante lapso mayor a 24 horas.
2. **Alta:** Emisiones de gas quemado en antorcha mayor a 1 Mm3/día. Emisiones de gases de combustión con rendimiento deficiente.
3. **Media:** Emisiones de gas sin quemar durante lapso menor 24 horas.
4. **Baja:** Emisión de gas quemado en antorcha menor a 1 Mm3/día. Emisión de gases de combustión en funcionamiento normal.
5. **Muy baja:** no afecta.

(D) Suelo

1. **Muy alta**: Impacto remediable en un lapso mayor a 10 años o imposible de remediar.
2. **Alta:** Remediación con tecnología no disponible en la operación y/o mediante obras de ingeniería.
3. **Media:** Remediación con tecnología disponible en la operación, y/o con obras manuales sencillas.
4. **Baja:** Remediación natural en el corto plazo (menor a 1 año) o asistida sencilla.
5. **Muy baja:** no afecta.

(E) Flora

1. **Muy alta**: Desmontes con movimiento de suelos y/o recuperación del área en largo plazo (mayor a 4 años o períodos lluvia).
2. **Alta:** Desmontes con movimiento de suelos y/o recuperación de área en mediano plazo (entre 2 y 4 años o períodos de lluvia).
3. **Media:** Desmontes sin movimiento de suelos y/o recuperación del área en corto plazo (menor a 2 años o períodos de lluvia).
4. **Baja:** Recuperación del área en el corto plazo (menor a 1 años o período de lluvia).
5. **Muy baja:** No afecta.

(F) Fauna

1. **Muy alta**: Impactos que ponen en peligro a la fauna.
2. **Alta:** Impactos que afectan permanentemente a la fauna.
3. **Media:** Impacto que afecta temporalmente a la fauna.
4. **Baja:** impacto perceptible que afecta mínimamente.
5. **Muy baja:** No afecta.

(G) Paisaje

1. **Muy alta**: Remediación superior a 4 años o períodos lluvias. Impacto visual por emisiones o volcado de efluentes, con afectación regional.
2. **Alta:** Afectación requiere obras entre 2 y 4 años o períodos de lluvias. Impacto visual por emisiones o volcado de efluentes, con afectación local.
3. **Media:** Remediación sencilla (forman parte de la obra o proyecto), entre 1 y 2 años o períodos de lluvia.
4. **Baja:** Afectación menor, remediable sin intervención del hombre en 1 año o período lluvia.
5. **Muy baja:** no afecta.

Caracterización (C)

$$A + B + C + D + E + F + G$$

Frecuencia (F)

1. **Muy alta**: Ocurrencia común en la operación.
2. **Alta:** Posibilidad de que se repita en la operación.
3. **Media:** Posibilidad de que ocurra en la operación.
4. **Baja:** Improbable que ocurra aquí pero puede ocurrir en operaciones similares.
5. **Muy baja:** Improbable que ocurra aquí o en cualquier otra operación.

Resultado (R)

$$R = C \times F$$

Impacto ambiental significativo: resultado ≤ 56.

Impacto ambiental no significativo: resultado > a 56.

- (A) Alcance
- (B) Agua
- (C) Aire
- (D) Suelo
- (E) Flora
- (F) Fauna
- (G) Paisaje

Y se obtiene la sumatoria de estos elementos caracterizadores:

$$\text{Caracterización} = A+B+C+D+E+F+G$$

Asimismo se determina su frecuencia, considerando la descripción de escala que se detalla también en el Cuadro V.4.

Una vez determinada la significancia inicial de cada impacto ambiental, es decir, si es significativo o no significativo en función del resultado (R), determinado de la siguiente manera:

$$R = C \times F$$

Si el valor del resultado es menor o igual a 56 el impacto ambiental es significativo y si el resultado es mayor a 56 el impacto es no significativo.

Finalmente se estima la significancia residual, para esto primeramente se definen medidas de mitigación o barreras existentes o a desarrollar para cada uno de los impactos que resultaron significativos.

Posteriormente se analizan los impactos que resultaron significativos incorporando las medidas de mitigación y el mismo procedimiento descrito anteriormente y a partir de considerar su efecto en la significancia inicial, se estima la significancia residual.

RESULTADOS

De la aplicación de la metodología para la determinación de los impactos significativos se obtuvo como resultado que para la etapa de preparación del sitio de las instalaciones marinas en la cual se habían identificado cuatro impactos ambientales, ninguno de ellos resulto con significancia inicial.

Y para las instalaciones terrestres en donde se habían identificado 14 impactos ambientales de las instalaciones a ubicarse dentro del predio de la Planta Hokchi Paraíso se identificaron con significancia inicial siete y para las instalaciones a localizarse en los derechos de vía de los ductos

terrestres en donde se identificaron seis impactos ambientales se obtuvieron dos con impactos ambientales con significancia inicial.

Para la etapa de construcción se identificaron 20 impactos ambientales de las instalaciones marinas, los cuales al ser valorados con la metodología resultaron con significancia inicial cinco. Y para las instalaciones terrestres de 14 impactos ambientales identificados, cinco de ellos resultaron con significancia inicial.

Para la etapa de operación y mantenimiento se identificaron nueve impactos ambientales para las instalaciones marinas, de estos resultaron cuatro con significancia inicial, y para las instalaciones terrestres de los nueve impactos ambientales identificados resultaron dos con significancia inicial.

Los resultados de la aplicación de la metodología para la obtención de la significancia de los impactos ambientales identificados indican que 25 impactos ambientales tienen significancia inicial.

Finalmente se analizaron los impactos ambientales que resultaron con significancia inicial para los cuales se definieron medidas de mitigación o barreras cuyo objeto sería el de eliminar o disminuir estos impactos ambientales, la aplicación del análisis considerando las medidas de mitigación nos dio como resultado siete impactos ambientales con significancia residual, los que se describen a continuación.

Contaminación del suelo por la generación de residuos domésticos durante las etapas de preparación del sitio y construcción de las instalaciones de la Planta Hokchi y de los derechos de vía en donde se ubicarán los ductos terrestres, estos residuos serán manejados por un contratista, cabe mencionar que en el municipio de Paraíso no existe relleno sanitario.

Eliminación de vegetación por el desmonte y despalme de las áreas para la ubicación de las instalaciones en el área de la Planta Hokchi Paraíso.

Contaminación atmosférica local por la generación de gases de combustión y GEI por el consumo de combustible de las embarcaciones principalmente durante la etapa de construcción de las instalaciones marinas.

Generación de recortes de perforación durante la perforación de los pozos marinos. Se usarán presas o contenedores metálicos para su almacenamiento y transporte a tierra por una empresa autorizada.

Derrame o fuga de hidrocarburo (descontrol de pozo, fuga o ruptura de ductos de marinos) lo que podría generar contaminación al mar, plancton, fauna marina, infraestructura, personal, actividades costeras (pesca, turísticas, cultivos acuícolas entre otras), vegetación costera de áreas sensibles (Laguna del Carmen, el Pajonal, la Machona). Se contará con una contratista para apoyo especializado en combate de derrames de hidrocarburos en el mar

En el Anexo 4 se incluye la memoria de esta evaluación

V.2.1 Indicadores de impacto y de cambio climático

Una de las mayores aplicaciones para la evaluación de los indicadores ambientales, es el modelo "Presión-Estado-Respuesta" (OCDE, 1993, EPA, 1996), que es un modelo basado en una lógica de causalidad, el cual asume que las actividades humanas ejercen modificaciones al ambiente afectando la calidad de sus elementos (Presión) y la cantidad de sus recursos (Estado); ante este hecho, la sociedad responde a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales, así como cambios en la percepción y comportamiento (Respuesta) social (Ver Figura V.1).

La aplicación de este modelo y conociendo las desviaciones de las variables ambientales, permitirá que los tomadores de decisiones reorienten sus políticas y que estas sean incluidas dentro de sus planes y programas de desarrollo para lograr un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

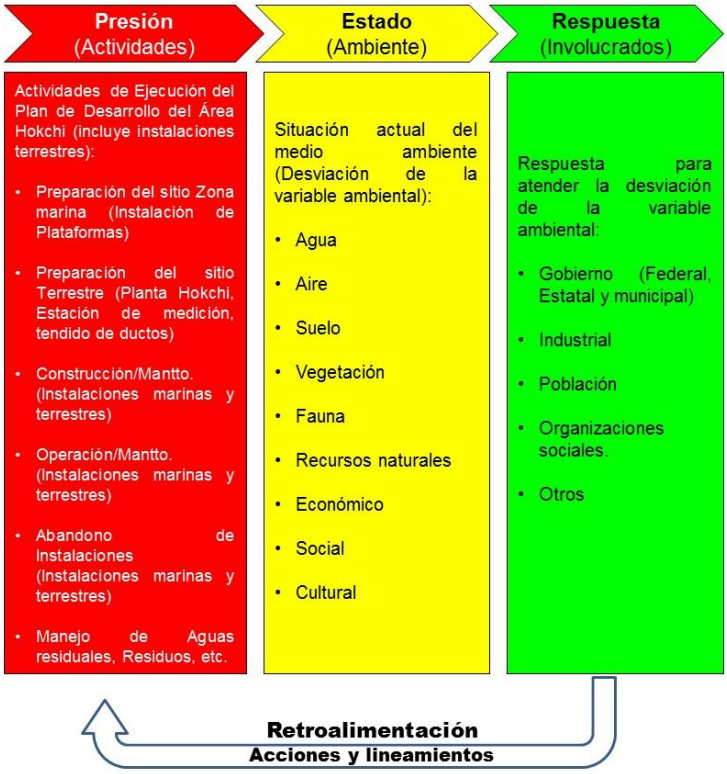


Figura V. 1 Modelo Presión-Estado-Respuesta para indicadores ambientales

Los indicadores ambientales proporcionan una visión breve y clara de los cambios; así como la situación actual o en un momento determinado del ambiente y los recursos naturales con los cuales el proyecto tiene alguna interacción de sus actividades en cualquiera de sus etapas, tales como Preparación del sitio, Construcción, Mantenimiento u Operación hasta el abandono de sus instalaciones.

También podría proporcionar información de la presión que podría ejercer hacia el medio ambiente la realización de sus actividadess para responder de forma rápida tomando medidas

para mitigar estos efectos encaminados a la conservación, recuperación, restauración para el uso sustentable de dichos recursos naturales.

A continuación se presentan indicadores clave para el desarrollo de las actividades del Proyecto, sin embargo estos deben ser ajustados conforme se vaya desarrollando el proyecto con el objetivo de obtener la información deseada.

Aire
Inventariar y monitorear las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero (CO_2, SO_2, NO_X, Metano y vapor de agua) y de la calidad del aire.

Por lo que se deberá realizar un monitoreo de la calidad del aire = CO_2, SO_2, NO_X, PM_{10} (ppb, $\mu g/m^3$, según corresponda).

Hidrología superficial y subterránea
Consumo de agua: consumo de agua por trimestre/ consumo de agua planificado por trimestre

En caso de descarga de agua a cuerpos receptores se mantendrá un documento con los valores de los parámetros identificados a monitorear en cada descarga. Se contará con un valor máximo de volcamiento de acuerdo a la legislación aplicable.

Residuos peligrosos y no peligrosos
La problemática ambiental durante el manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos (RSU) puede presentarse en cualquiera de las etapas del proyecto, por lo que se hace necesario un buen control para evitar principalmente la contaminación del aire, suelo, aguas superficiales y subterráneas; y consecuentemente posibles afectaciones a la salud por enfermedades transmitidas por fauna nociva así como el efecto visual (paisaje) a la población aledaña.

Cantidad de residuos peligrosos generado (kg, ton, m^3, etc.) / Trimestre, año/Cantidad de residuos planificados trimestre/año

Cantidad de residuos peligrosos generado (kg, ton, m^3, etc.) / Trimestre, año/Cantidad de residuos planificados trimestre/año.

Para el caso de los residuos peligrosos, deberá contar con un almacén temporal de residuos peligrosos conforme a la normatividad aplicable NOM-052-SEMARNAT para su clasificación, para su transporte y disposición final, la transportista y el sitio de confinamiento o disposición final, deberá contar con autorización oficial vigente emitido por la autoridad competente.

Para el caso de los residuos peligrosos, deberá contar con un almacén temporal de residuos peligrosos conforme a la normatividad aplicable NOM-052-SEMARNAT para su clasificación, para su transporte y disposición final, la transportista y el sitio de confinamiento o disposición final, deberá contar con autorización oficial vigente emitido por la autoridad competente.

Del mismo modo con los residuos no peligrosos y su disposición final, estos deberán cumplir con la norma oficial mexicana NOM-161-SEMARNAT cuando existan residuos que por su cantidad sea de manejo especial. Para aquellos residuos sólidos urbanos, deberán ser dispuestos en rellenos sanitarios o sitios de disposición donde la autoridad local lo determine.

Cantidad de residuos domésticos generado (kg, ton, m^3, etc.) / Trimestre, mes, año
Cantidad de residuos domésticos a disposición (kg, ton, m^3, etc.) / Trimestre, año.

Como una parte importante, este último indicador es el fiel reflejo del ritmo de consumo de las personas o de la sociedad y cuyo manejo inadecuado puede deteriorar su salud y el ambiente.

En el Cuadro V.5 se indican indicadores ambientales que podrían llevar a un mejor desempeño ambiental.

Cuadro V. 5 Indicadores ambientales

Descripción del indicador ambiental	Unidades
Cantidad de agua requerida para servicios	Litros o m^3/mes, año
Volumen Total de Agua Extraída	m^3/año
Cantidad de agua producida (congénita)	m^3 de Agua de retorno/Pozo
Cantidad de agua producida (congénita) inyectada	m^3 de Agua inyectada /Pozo
Cantidad de residuos peligrosos generados	m^3/año
Consumo de Energía	Eléctrica (kWh)
Consumo de Combustibles (Por la operación de las instalaciones)	Combustibles (litros, galones o barriles)

V.3 Valoración de los impactos.

Los impactos ambientales significativos determinados en el punto V.2 de esta MIA, se valoraron utilizando los criterios de valoración propuestos por Conesa Fernández Vítora (2010), los que se describen a continuación:

Intensidad (IN)
Expresa Grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa. Varía entre 1 y 12, siendo 12 la expresión de la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y 1 un mínimo afectación (ver Cuadro V.6).

Cuadro V. 6 Valores de Intensidad

Intensidad (Grado de destrucción)	Calificación
Baja	1
Media	2
Alta	4
Muy alta	8
Total	12

Extensión (EX)
Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto).

Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8). Cuando el efecto se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondía en función del % de extensión en que se manifiesta (ver Cuadro V.7).

Cuadro V. 7 Valores de Extensión

Extensión	Calificación
Puntual	1
Parcial	2
Extensa	4
Total	8
Crítica	+4

Momento (MO)
Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado.

Si el tiempo transcurrido es nulo, el momento será Inmediato y el valor (1), si el tiempo es inferior a un año (corto plazo) o menor a cinco años (medio plazo) se asigna en ambos casos un valor de dos (2). Y si es un período de tiempo es mayor a cinco años, largo plazo le corresponde 4 (ver Cuadro V.8).

Cuadro V. 8 Valores de Momento

Momento (Plazo de manifestación)	Calificación
Largo Plazo	4
Medio Plazo	2
Inmediato	1
Crítico	+4

Persistencia (PE)
Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.

La Persistencia no es igual que la reversibilidad ni que la recuperabilidad, son conceptos asociados. Los efectos fugaces o temporales siempre son reversibles o recuperables; los efectos permanentes pueden ser reversibles o irreversibles, recuperables o irrecuperables (ver Cuadro V.9).

Cuadro V. 9 Valores de Persistencia

Persistencia	Calificación
Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4

Reversibilidad (RV)
Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deje de actuar sobre el medio; al intervalo de tiempo que se tardaría en lograrlo que si es de menos de un año se considera el Corto Plazo; entre uno y diez años se considera el Medio Plazo, y si se superan los diez años se considera Irreversible (ver Cuadro V.10).

Cuadro V. 10 Valores de Reversibilidad

Reversibilidad	Calificación
Corto Plazo	1
Medio Plazo	2
Irreversible	4

Recuperabilidad (MC)
Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor de ocho (8). En caso de ser irrecuperable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será cuatro (4). La reversibilidad se refiere a la reconstrucción por medios naturales, ver Cuadro V.11.

Cuadro V. 11 Valores de Recuperabilidad

Recuperabilidad	Calificación
Recuperable inmediato	1
Recuperable a medio plazo	2
Mitigable o compensable	4
Irrecuperable	8

Sinergia (SI)

Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.

Se dice que dos efectos son sinérgicos si su manifestación conjunta es superior a la suma de las manifestaciones que se obtendrían si cada uno de ellos actuase por separado (la manifestación no es lineal respecto a los efectos). Puede visualizarse como el reforzamiento de dos simples; si en lugar de reforzarse los efectos se debilitan, la valoración de la sinergia debe ser negativa (ver Cuadro V.12).

Cuadro V. 12 Valores de Sinergia

Sinergia	Calificación
Sin sinergismo (simple)	1
Sinérgico	2
Muy sinérgico	4

Acumulación (AC)

Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando un acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como uno (1); si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro (4) ver Cuadro V.13.

Cuadro V. 13 Valores de Acumulación

Acumulación (incremento progresivo)	Calificación
Simple	1
Acumulativo	4

Relación Causa-Efecto (EF)

Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta, o indirecto o secundario, cuando

la manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden (ver Cuadro V.14).

Cuadro V. 14 Valores de Relación Causa-Efecto

Efecto	Calificación
Indirecto	1
Directo	4

Periodicidad (PR)

Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo).

Cuadro V. 15 Valores de Periodicidad

Periodicidad	Calificación
Irregular o discontinuo	1
Periódico	2
Continuo	4

Clasificación de Impactos

Con el objeto de clasificar por nivel de impacto los impactos identificados, la metodología estima la importancia de los impactos identificados sobre un elemento ambiental con un valor o índice global, el cual se clasifica de acuerdo con el siguiente criterio (ver Cuadro V.16):

Cuadro V. 16 Clasificación de Impactos

Clasificación de Impactos	Calificación
Irrelevante o compatible	$0 \leq I \leq 25$
Moderado	$25 < I \leq 50$
Severo	$50 < I \leq 75$
Crítico	Mayor a 75

La valoración de los impactos significativos del proyecto se presentan en el Cuadro V.17.

Cuadro V. 17 Valoración de los impactos significativos del proyecto

Núm.	Fase	Actividad	Factor	Subfactor	Impacto (+/-)	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Sinergismo	Acumulación	Causa - efecto	Periodicidad	Impacto global	Clase de Impacto
1	Preparación del sitio	Desmonte, Despalme y compactación (Planta Hokchi Paraíso)	Suelo	Generación residuos domésticos	-	1	1	4	2	2	4	1	1	1	4	-21	Irrelevante o compatible
2	Preparación del sitio	Desmonte y Despalme (Planta Hokchi Paraíso)	Flora	Eliminación de vegetación	-	12	1	1	4	2	2	1	1	4	4	-32	Moderado
3	Preparación del sitio	Excavación, compactación y nivelación (Planta Hokchi Paraíso)	Suelo	Generación residuos domésticos	-	1	1	4	2	2	4	1	1	1	4	-21	Irrelevante o compatible
4	Preparación del sitio	Deshierbe y limpieza (derechos de vía ductos terrestres)	Suelo	Generación residuos domésticos	-	1	1	4	2	2	4	1	1	1	4	-21	Irrelevante o compatible
5	Construcción de instalaciones marinas	Consumo de combustible por el uso de embarcaciones	Aire	Contaminación atmosférica local por la generación de gases de combustión y GEI	-	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	-12	Irrelevante o compatible
6	Construcción	Perforación de pozos	Suelo	Generación de recortes de perforación	-	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante o compatible
7	Construcción	Fase final de la perforación de pozos	Contami-nación del mar	Derrame o fuga de hidrocarburo (descontrol de pozo)	-	4	4	2	2	2	4	1	1	4	1	-25	Irrelevante o compatible

Los resultados obtenidos de la valoración de los impactos nos indican que la mayoría son impactos que corresponden a una clase de impacto irrelevante o compatible, solo uno de ellos presenta un impacto moderado el cual se refiere a la eliminación de la vegetación en el predio en el que será construida la Planta Hokchi Paraíso.

V.4 Impactos residuales

De acuerdo con la definición establecida por SEMARNAT en la que se hace mención a lo siguiente: “Se entiende por impacto residual al efecto que permanece en el ambiente después de aplicar las medidas de mitigación”, de acuerdo con esta definición, y tomando en cuenta los resultados obtenidos de la identificación de los impactos ambientales, se analizaron los impactos residuales típicos descritos a continuación.

Los resultados obtenidos de la identificación de impacto ambiental no contienen impactos ambientales residuales significativos, debido a que sus actividades se llevarán a cabo de la siguiente manera:

Las instalaciones marinas, las dos plataformas y ductos, generaran una modificación en el lecho marino respecto a su forma original, sin embargo dada la recuperación del mismo medio dicha modificación es mínima.

Las actividades terrestres del proyecto ocuparán para ductos derechos de vías existentes, para la Planta Hokchi Paraíso se ocupará un predio en donde actualmente se desarrollan actividades agrícolas (plantación de coco) y pastizal cultivado (potrero), para la estación de medición se ubicará en pastizal cultivado (potrero).

El proyecto generará gases de combustión en todas sus etapas, en las instalaciones marinas se generarán a través de las embarcaciones que apoyarán las actividades de preparación del sitio, construcción y mantenimiento.

En las instalaciones terrestre se generarán por la maquinaria y vehículos de transporte durante la preparación del sitio y construcción, ya durante las actividades de operación se generarán las principales emisiones de gases de combustión debido al aprovechamiento del gas proveniente del campo para la generación de toda la energía eléctrica requerida por el proyecto, los equipo instalados serán de los más eficientes disponibles en el mercado y recibirán el mantenimiento adecuado. Cabe mencionar que con la decisión de que el proyecto genere su propia energía eléctrica se minimizan las emisiones de gases de combustión tanto por la propia generación como por su transporte, adicionalmente localmente y en la región en estudio (SAR) existe una buena dispersión de contaminantes y por lo tanto actualmente no se rebasan los límites marcados en la normatividad aplicable.

En cuanto al elemento agua no se identificaron impactos residuales ya que tanto en las instalaciones marinas como en las terrestres todos los efluentes recibirán un tratamiento adecuado antes de ser vertidos al cuerpo receptor.

Debido a lo anterior no se prevé que el proyecto pudiera ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas del SAR. Asimismo en todo lo referente al manejo ambiental del proyecto Hokchi Energy está comprometida con el cumplimiento estricto de la normatividad ambiental y sí es posible sobradamente. Asimismo esta empresa también está comprometida con la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera de sus actividades industriales.

V.5 Impactos acumulativos

De acuerdo con la definición establecida por SEMARNAT: “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. De acuerdo con esta definición, y tomando en cuenta los resultados obtenidos de la identificación de los impactos ambientales, se analizaron los impactos acumulativos típicos descritos a continuación.

Degradación de la calidad de aire como resultado de emisiones contaminantes provenientes de múltiples instalaciones localizadas en la misma zona o región. El proyecto emitirá gases de combustión a la atmósfera, principalmente de la generación de la energía eléctrica autogenerada, la región es estudio presenta una buena dispersión de contaminantes en el aire y por lo tanto la calidad del aire de la región es buena.

Aumento en las concentraciones de contaminantes en un cuerpo de agua o en el suelo o sedimentos, o su bioacumulación, como consecuencia de múltiples descargas de efluentes industriales no tratados. Todas las descargas de agua del proyecto seán tratadas antes de ser descargadas.

Reducción del caudal de agua en una cuenca hidrográfica debido a múltiples extracciones. En la región en estudio no existen restricciones para su explotación, uso y aprovechamiento del agua tanto de la superficial como de la subterránea.

Aumento de la carga de sedimentos en una cuenca hidrográfica como resultado de una mayor erosión generada por la deforestación, pérdida de cobertura vegetal, cambio de uso de la tierra y/o la construcción indiscriminada de vías de acceso. No se pronostica que las actividades del proyecto aumenten la carga de sedimentos en la cuenca hidrográfica.

Interferencia con las rutas migratorias o el movimiento de la fauna silvestre por la construcción de múltiples obras de infraestructura lineal o de campos de generación eólica adyacentes. El proyecto no interferirá rutas migratorias o el movimiento de la fauna silvestre.

Reducción de la población de fauna silvestre causada por un aumento de la caza, los atropellamientos viales, y las operaciones forestales. El proyecto no contribuirá con la reducción de población de fauna silvestre.

Impactos sociales secundarios o inducidos tales como la inmigración, o una mayor congestión del tráfico y accidentes en las carreteras comunitarias debido a un aumento de la actividad de transporte en el área de influencia del proyecto. El proyecto no contribuye a este tipo de impactos acumulativos.

V.6 Conclusiones.

Considerando que durante la Licitación 2 de la Ronda 1, en el año 2015, la empresa Hokchi Energy resultó adjudicada para la Extracción de Hidrocarburos en Aguas Someras en el campo Hokchi. Y que este proyecto consiste en que la producción captada en dos plataformas marinas es entregada sin tratar en instalaciones terrestres propias de Hokchi, dónde se procesa para obtener la especificación comercial tanto del crudo como del gas asociado y que finalmente esta producción es inyectada a ductos comerciales existentes de terceros.

Asimismo de acuerdo a la evaluación de los impactos ambientales potenciales, no se identificaron impactos residuales significativos en el entorno físico y biológico de la ubicación del proyecto.

También el proyecto generará impactos económicos que pueden ser favorables al país por la apertura del sector de hidrocarburos en las aguas del Golfo de México, lo cual se traduce en una recomendación de que el Proyecto transcurre según lo previsto incluyendo la aplicación de los controles ambientales y de seguridad, así como de las medidas de mitigación y las acciones descritas en el Plan de Manejo Ambiental.

Por otro lado el proyecto está basado en un manejo ambiental sustentable, ha contemplado para sus instalaciones la utilización de equipos y sistemas con mínimos impactos al ambiente y su diseño considera la interacción con los componentes del sistema ambiental del SAR, de tal forma que sean evaluados y aporten información para que durante la ejecución del mismo se contemplen criterios de protección ambiental.

La selección de la ubicación del área del Proyecto, que requiere de poca superficie, considera el mínimo de impactos al ambiente, seleccionando por ejemplo para los ductos la utilización de derechos de vía existentes y operando, para los predios de las instalaciones terrestres aquellos en los cuales actualmente se desarrollan actividades de agricultura y ganadería.

El proyecto contará con las medidas necesarias para reducir los impactos adversos sobre los elementos ambientales y para gestionar correctamente el manejo de materiales, residuos en todas sus actividades.

Asimismo y con el objetivo de realizar una adecuada gestión de los aspectos de seguridad industrial, seguridad operativa, salud ocupacional y protección ambiental, Hokchi Energy tiene establecido su Sistema de Administración de Riesgos de SSA y cuyos objetivos fundamentales que se persiguen con la aplicación y mejora del Sistema de Administración de Riesgos de SSA, son:

- Eliminar, reducir y mitigar el riesgo a las personas
- Minimizar los riesgos de las operaciones.
- Minimizar impactos en el ambiente.
- Asegurar la integridad de los activos.
- Incrementar la confiabilidad de las operaciones.
- Optimizar el uso de los recursos.
- Lograr credibilidad, confiabilidad y aceptación de Hokchi Energy y sus proyectos por parte de las comunidades locales y la sociedad en general.

Finalmente, se prevé que, con las medidas de prevención y mitigación que conforman el Programa de Vigilancia Ambiental propuesto, se garantiza la menor afectación posible del entorno, incluyendo cada uno de los elementos que lo conforman.

CONTENIDO

Descripción	Página
VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL	**2**
VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de la mitigación o correctivas por componente ambiental	2
VI.2 Programa de vigilancia ambiental	11
VI.3 Seguimiento y control (monitoreo)	14
VI.4 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas	15

CUADROS

Descripción	Página
Cuadro VI 1Costos Estimados (etapa de desarrollo del proyecto)	16
Cuadro VI 2 Costos Estimados (etapa de producción)	17
Cuadro VI 3 Costos Estimados (etapa de abandono)	18

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de la mitigación o correctivas por componente ambiental

En este apartado se describirán las medidas de prevención y mitigación para los impactos ambientales identificados para este proyecto por componente ambiental y para sus diferentes etapas: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Es importante destacar que Hokchi Energy contará con la participación de especialistas ambientales que cuenten con la experiencia y capacidad para brindar apoyo con el aseguramiento y cumplimiento ambiental de los contratistas participantes, durante las diferentes actividades del proyecto tanto marinas como las terrestres, a través de actividades de supervisión en campo, validación de la aplicación y efectividad de las medidas de prevención, mitigación o compensación y que participará de manera constante con la asistencia y asesoría técnica para la corrección y mejora continua de las medidas y programas aplicados.

La descripción de las medidas se inicia con los componentes ambientales del Medio Físico (agua, aire y suelo), continúa con las del Medio Biótico (flora y fauna), para terminar con las del Medio Socioeconómico:

AGUA

Las medidas de mitigación para las diferentes etapas del proyecto, tanto las aplicables a las instalaciones marinas como a las terrestres se indican a continuación.

Instalaciones Marinas

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, el agua requerida para las instalaciones marinas será suministrada mediante las embarcaciones de apoyo.
En esta etapa en las instalaciones marinas se generan aguas residuales de sanitarios, cocina y regaderas de las embarcaciones, para su manejo se tienen dos casos, para el caso de que la embarcación cuente con su propia planta de tratamiento las aguas residuales serán tratadas en dichas plantas, estas plantas cuentan con dispositivos de tratamiento tanto para aguas negras como para grises. Para el caso de las embarcaciones que no cuentan con su propia planta de tratamiento de aguas residuales, las aguas residuales serán descargadas en tierra a una planta de tratamiento.

En ambos casos la descarga del efluente de las plantas de tratamiento deberán cumplir con lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, de acuerdo al tipo de agua residual que generan las embarcaciones, los parámetros de la norma que le aplican son los referentes a contaminantes básicos, patógenos y parasitarios.

Las medidas de mitigación contempladas para la protección del elemento ambiental agua de las instalaciones marinas en las etapas de preparación del sitio y construcción se indican a continuación:

Componente Ambiental	**AGUA** (Instalaciones Marinas)
Etapa	**Preparación del sitio y construcción**
Descripción del impacto	• Aguas residuales de servicios sanitarios, cocina y regaderas de las embarcaciones de apoyo a las actividades marinas • Aumento de turbidez en el agua por actividades de construcción
Medidas de Mitigación	
• Para su manejo se tienen dos casos, para el caso de que la embarcación cuente con su propia planta de tratamiento las aguas residuales serán tratadas en dichas plantas, estas plantas cuentan con dispositivos de tratamiento tanto para aguas negras como para grises. Para el caso de las embarcaciones que no cuentan con su propia planta de tratamiento de aguas residuales, las aguas residuales serán descargadas en tierra a una planta de tratamiento. • Las actividades de construcción se llevarán a cabo de acuerdo a los procedimientos de la empresa constructora, de la cual Hokchi se asegurará y supervisará que la empresa tenga y aplique dichos procedimientos, así como, que la tripulación tenga las competencia requeridas para realizar estas actividades, con el objeto de generar mínimas afectaciones	

Instalaciones Terrestres

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, el agua requerida para las instalaciones terrestres será suministrada por autotanques (pipas) cuyo servicio será adquirido a través de empresas que cuenten con concesiones vigentes de parte de CONAGUA para el aprovechamiento del recurso.

En esta etapa se generarán aguas residuales de los sanitarios portátiles cuya operación y mantenimiento será realizada por un contratista, asegurándose que este tipo de servicio sea con una empresa especializada y autorizada, la cual tendrá la obligación de disponer los residuos sanitarios en el sitio donde la autoridad lo determine.

Las medidas de mitigación contempladas para las etapas de preparación del sitio y construcción para las instalaciones terrestres son:

Componente Ambiental	**AGUA** (Instalaciones Terrestres)
Etapa	**Preparación del sitio y construcción**
Descripción del impacto	• Aguas residuales de sanitarios portátiles
Medidas de Mitigación	
• La operación y mantenimiento de las letrinas portátiles utilizadas en estas etapas será realizada por un contratista, que será una empresa especializada y autorizada.	

Las medidas de mitigación para las etapas operación y mantenimiento del proyecto, tanto las aplicables a las instalaciones marinas como a las terrestres se indican a continuación.

Instalaciones Marinas

Durante la etapa de operación el proyecto contempla recuperación secundaria mediante la inyección de agua, esta agua será suministrada desde las instalaciones terrestres.

Las Plataformas marinas Satélite y Central cuentan con un sistema de drenaje pluvial, el cual es descargado al mar una vez que se corrobora su cumplimiento normativo.

Componente Ambiental	**AGUA** (Instalaciones Marinas)
Etapa	**Operación y Mantenimiento**
Descripción del impacto	• Aguas residuales de servicios sanitarios, cocina y regaderas de las embarcaciones de apoyo a la operación y mantenimiento de plataformas marinas • Descarga del drenaje pluvial de las plataformas al mar
Medidas de Mitigación	
• Para su manejo se tienen dos casos, para el caso de que la embarcación cuente con su propia planta de tratamiento las aguas residuales serán tratadas en dichas plantas, estas plantas cuentan con dispositivos de tratamiento tanto para aguas negras como para grises. Para el caso de las embarcaciones que no cuentan con su propia planta de tratamiento de aguas residuales, las aguas residuales serán descargadas en tierra a una planta de tratamiento. • El drenaje pluvial de las plataformas marinas Satélite y Central será descargado al mar una vez que se corrobora su cumplimiento normativo.	

Instalaciones Terrestres

La Planta Hokchi Paraíso contará con drenajes separados: cerrado (aceitoso), abierto (pluvial) y sanitario. El drenaje cerrado será enviado a un separador trifásico de baja presión, el abierto primeramente se alimenta a un separador de aceite propio del sistema para su posterior descarga y el sanitario se alimenta a una planta de tratamiento de agua exclusiva para este drenaje para ser descargada de acuerdo con la normatividad aplicable.

Adicionalmente la Planta Hokchi contará con aguas residuales de dos sistemas: tratamiento de agua de mar y tratamiento de agua congénita, el agua residual de estos sistemas será descargada mar adentro (1.0 km de la costa) cumpliendo estrictamente con lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Componente Ambiental	**AGUA** (Instalaciones Terrestres)
Etapa	**Operación y Mantenimiento**
Descripción del impacto	• Generación de drenajes de la Planta Hokchi Paraíso
Medidas de Mitigación	
• La planta Hokchi Paraíso contará con sistemas de drenajes separados (pluvial, aceitoso y sanitario), los que son tratados dentro de las propias instalaciones en plantas de tratamiento, antes de ser descargados	

Componente Ambiental	AGUA (Instalaciones Terrestres)
Etapa	Operación y Mantenimiento
• La planta Hokchi Paraíso contará también con plantas de tratamiento de agua de mar para el agua de inyección a pozos y otra para el tratamiento de agua congénita.	

AIRE

Las medidas de mitigación para las diferentes etapas del proyecto, tanto las aplicables a las instalaciones marinas como a las terrestres se indican a continuación.

Instalaciones Marinas

Durante las actividades de preparación del sitio y construcción de las plataformas marinas (central y satélite), de los ductos marinos (oleogasoducto, inyección de agua y umbilical), así como en la perforación de los pozos se generaran gases de combustión de las embarcaciones utilizadas (chalán de carga, remolcador, barco grúa, barcaza de tendido, barcaza de construcción, barcos de apoyo, embarcaciones menores, transporte de tripulación y plataforma de perforación), además los generados por la maquinaria y equipo sobre cubierta utilizada, ya que esta maquinaria utiliza como fuerza motriz generadores de combustión interna.

Las embarcaciones y la maquinaria sobre cubierta cumplirán estrictamente con su programa de mantenimiento preventivo, desarrollado de acuerdo a la normatividad aplicable vigente, los motores de combustión interna deberán mantenerse afinados de acuerdo a programa con el objeto de emitir un mínimo de emisiones contaminantes a la atmósfera, Hokchi Energy mantendrá una estricta supervisión de los contratistas para asegurarse de su cumplimiento.

Componente Ambiental	AIRE (Instalaciones Marinas)
Etapa	Preparación del sitio y construcción
Descripción del impacto	• Emisiones de gases de combustión de las embarcaciones de apoyo y de la maquinaria utilizada en las actividades marinas
Medidas de Mitigación	
• Estricto cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo de maquinaria sobre cubierta y embarcaciones, así como una rigurosa supervisión de contratistas por parte de Hokchi Energy.	

Instalaciones Terrestres

En las áreas donde se instalarán la Planta Hokchi y Estación de Medición, así como en las de los ductos se generarán gases de combustión de la maquinaria utilizada y vehículos de transporte, los que contarán con un programa de mantenimiento preventivo de acuerdo a la normatividad aplicable vigente, asimismo estos equipos deberán mantenerse afinados de acuerdo a programa, con el objeto de emitir un mínimo de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Por otro lado principalmente durante la compactación y nivelación, de las áreas donde se instalarán la Planta Hokchi y Estación de Medición, se generarán partículas de polvo, para evitar impactos en la atmósfera se humedecerán periódicamente las áreas de trabajo con agua tratada.

Componente Ambiental	AIRE (Instalaciones Terrestres)
Etapa	**Preparación del sitio y construcción**
Descripción del impacto	• En las áreas donde se instalarán la Planta Hokchi, Estación de Medición y ductos terrestres se generarán gases de combustión de la maquinaria utilizada y vehículos de transporte. • Principalmente durante la compactación y nivelación, de las áreas donde se instalarán la Planta Hokchi y Estación de Medición, se generarán partículas de polvo.
Medidas de Mitigación	
• Estricto cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos utilizados para las instalaciones terrestres, así como una rigurosa supervisión de contratistas por parte de Hokchi Energy. • Se humedecerán periódicamente con agua tratada las áreas de trabajo en las que se realice el acondicionamiento a fin de evitar la generación de partículas y polvos	

Instalaciones Marinas

Durante la etapa de operación en las instalaciones marinas serán generados gases de combustión por el quemador de emergencia tipo boom, esto es solo de presentarse algún imprevisto de aumento de presión en cualquiera de las dos plataformas

Las medidas de mitigación contempladas para la etapa de operación en las instalaciones marinas son:

Componente Ambiental	AIRE (Instalaciones Marinas)
Etapa	**Operación y Mantenimiento**
Descripción del impacto	• En las plataformas marinas solo en caso de presentarse una emergencia serán generados gases de combustión a través del quemador de emergencia.
Medidas de Mitigación	
• Se instalará un quemador del tipo boom que es el más adecuado en sistemas en donde se manejan mezclas líquido-gas, ya que su boquilla asegura una adecuada atomización de los líquidos para vaporizarlos y mejorar la combustión, evitando precipitaciones.	

Instalaciones Terrestres

En las instalaciones terrestres se generarán gases de combustión del sistema de generación de energía eléctrica a base de turbinas de gas, así como del quemador elevado de emergencia que operará cuando exista un evento de descontrol del proceso por sobrepresión.

Componente Ambiental	AIRE (Instalaciones Terrestres)
Etapa	**Operación y Mantenimiento**
Descripción del impacto	• En la Planta Hokchi Paraíso se generarán gases de combustión del sistema de generación de energía eléctrica a base de turbinas de gas

Componente Ambiental	AIRE (Instalaciones Terrestres)
Etapa	Operación y Mantenimiento
	• Generación de gases de combustión en la Planta Hokchi Paraíso a través del quemador elevado de emergencia que operará cuando exista un evento de descontrol del proceso por sobrepresión.
Medidas de Mitigación	
• Se utilizarán turbinas de gas son mucho más eficientes y menos contaminantes que las turbinas de vapor. Hokchi Energy aplicará estrictamente el plan de mantenimiento del sistema con el fin de minimizar emisiones a la atmósfera • Se incluye en el diseño un quemador elevado de alta eficiencia.	

SUELO

En este estudio se considera la contaminación del suelo, cuando a éste se introducen sustancias o elementos de tipo sólido, líquido o gaseoso que ocasionan que se afecte la biota edáfica, las plantas, la vida animal y la salud humana, por lo que los residuos, ya sean estos peligrosos o sólidos urbanos se consideran como contaminantes del suelo.

Instalaciones Marinas

Durante estas etapas en la instalaciones marinas se generarán residuos domésticos por los servicios de alimentación que proporcionan las embarcaciones a sus trabajadores, su manejo y disposición cumplirá con lo marcado en el Anexo V (Reglas para prevenir la contaminación por desechos y basuras) del Convenio MARPOL 73/78, en cuanto a las disposiciones para zonas especiales, debido a que los golfos son considerados como zona especial, debido al escaso intercambio de aguas por el carácter cerrado que estos mares tienen.

Para el caso de zona especial el Convenio prohíbe verter al mar los desechos domésticos, teniéndose como excepción que podrán ser echadas al mar si han pasado previamente por un desmenuzador o triturador tan lejos de la tierra más próxima, 12 millas marinas.

Además las embarcaciones deberán llevar un registro de basuras de acuerdo al modelo especificado en el propio Convenio y donde se llevará el registro de todas las descargas.

De las actividades de las instalaciones marinas también se generarán residuos no peligrosos, para los cuales se llevará a cabo una segregación en las embarcaciones para los residuos como madera, plástico, papel, aluminio, cartón y metales, los que serán separados para ser reciclados. Los residuos que no puedan ser reciclados serán dispuestos en donde la autoridad municipal autorice.

Y los residuos peligrosos generados se recolectarán en botes o en tambores y se almacenarán temporalmente en el área de las embarcaciones dispuesta para este fin, el personal de la compañía encargada de dichas labores realizará la segregación, para su posterior envío a tierra, en donde se etiquetará y envasará para su tratamiento o envío a disposición final.

Asimismo se generarán recortes de perforación durante la perforación de los pozos y su manejo va a depender de los resultados de un análisis para determinar sus características CRETIB, lo que permitirá precisar si es considerado como un residuo peligroso o como uno no peligroso y serán manejados de acuerdo a los aspectos ambientales señalados en la NOM-149-SEMARNAT-

2006 “Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación, mantenimiento y abandono de pozos petroleros en las zonas marinas mexicanas”.

Componente Ambiental	**SUELO** (Instalaciones Marinas)
Etapa	**Preparación del sitio y construcción**
Descripción del impacto	• Generación residuos domésticos por los servicios de alimentación que proporcionan las embarcaciones a sus trabajadores y por las actividades llevadas a cabo en las instalaciones terrestres. • Residuos peligrosos generados por las embarcaciones de apoyo. • Recortes de perforación generados durante la perforación de los pozos
Medidas de Mitigación	
• Para los residuos de las embarcaciones se dará cumplimiento del Anexo V (Reglas para prevenir la contaminación por desechos y basuras) del Convenio MARPOL 73/78. • Para los residuos no peligrosos producidos por las embarcaciones tales como madera, plástico, papel, aluminio, cartón y metales serán separados y llevados a tierra para ser reciclados. • Los residuos peligrosos generados en estas etapas se recolectarán en botes o en tambores y se almacenarán temporalmente en el área de las embarcaciones dispuesta para este fin, el personal de la compañía encargada de dichas labores realizará la segregación, para su posterior envío a tierra, en donde se etiquetará y envasará para su tratamiento o envío a disposición final. • Los recortes de perforación cuyo manejo depende de los resultados de un análisis para determinar sus características CRETIB, lo que permitirá precisar si es considerado como un residuo peligroso o como uno no peligroso y serán manejados de acuerdo a los aspectos ambientales señalados en la NOM-149-SEMARNAT-2006.	

Instalaciones Terrestres

Las actividades de preparación del sitio y construcción en los predios en donde serán construidas la Planta Hokchi y la Estación de Medición, requieren de desmonte, despalme y limpieza, los residuos vegetales producto del desmonte y despalme del terreno se triturarán, mezclarán y serán esparcidos en los sitios dispuestos por la autoridad municipal para mejoramiento de suelo.

Por otro lado En los derechos de vía en donde se instalarán los ductos terrestres y que requieren solamente de deshierbe, se generarán residuos vegetales los que se triturarán, mezclarán y serán esparcidos en los sitios dispuestos por la autoridad municipal para mejoramiento de suelo.

Los residuos domésticos generados en las instalaciones terrestres serán separados y entregados a un contratista especializado.

Los residuos sólidos no peligrosos generados en las instalaciones terrestres como madera, plástico, papel, aluminio, cartón y metales, serán separados para ser reciclados.

Los residuos impregnados con pinturas y solventes generados en las instalaciones terrestres serán manejados para su tratamiento y disposición final por contratistas autorizados.

Componente Ambiental	SUELO (Instalaciones Terrestres)
Etapa	**Preparación del sitio y construcción**
Descripción del impacto	• Generación residuos domésticos generados por las actividades llevadas a cabo en las instalaciones terrestres. • Residuos peligrosos generados por las instalaciones terrestres. • Del deshierbe en los derechos de vía en donde se instalarán los ductos terrestres y del desmonte, despalme y limpieza de los predios en donde serán construidas la Planta Hokchi y la Estación de Medición se generarán residuos vegetales.
Medidas de Mitigación	
• Para los residuos domésticos generados por las instalaciones terrestres estos residuos serán separados y entregados a un contratista especializado. • Para los residuos no peligrosos tales como madera, plástico, papel, aluminio, cartón y metales, producidos en las instalaciones terrestres serán separados para ser reciclados. • Los residuos peligrosos generados en estas etapas se recolectarán en botes o en tambores y se almacenarán temporalmente, se realizará la segregación, se etiquetarán y envasarán para su tratamiento o envío a disposición final. • Los residuos vegetales generados se triturarán, mezclarán y serán esparcidos en los sitios dispuestos por la autoridad municipal para mejoramiento de suelo.	

Instalaciones Marinas

Durante la etapa de operación y mantenimiento en las instalaciones marinas (plataformas y ductos) incluidas en el proyecto no se generan residuos, debido a que las plataformas serán no tripuladas y los ductos son un sistema cerrado, los residuos generados durante el mantenimiento serán transportados en las embarcaciones de apoyo para su manejo en tierra.

Instalaciones Terrestres

En esta etapa de operación y mantenimiento para los residuos domésticos generados en la Planta Hokchi Paraíso, Hokchi Energy aplicará un estricto control para minimizar su generación, evitando estrictamente el uso de desechables, esto debido a que el municipio no cuenta con relleno sanitario, asimismo residuos serán separados y entregados a un contratista especializado.

Adicionalmente la Planta Hokchi, Estación de Medición y ductos durante su mantenimiento generarán materiales de empaque, materiales contaminados y ropa de trabajo contaminada.

Los materiales de empaque y embalaje como: papel, cartón, vidrio, madera, metal, plástico, unicel, etc., serán separados para ser reciclados.

Los materiales contaminados: como: algodón y algunos contenedores vacíos que contuvieron grasa, pintura, solvente o combustible y ropa de trabajo contaminada: guantes y ropa de algodón serán recolectados y dispuestos por un prestador de servicios autorizado.

Componente Ambiental	SUELO (Instalaciones Terrestres)
Etapa	**Preparación del sitio y construcción**
Descripción del impacto	• Generación residuos domésticos generados por las actividades llevadas a cabo en las instalaciones terrestres.

Componente Ambiental	SUELO (Instalaciones Terrestres)
Etapa	**Preparación del sitio y construcción**
	• Generación de materiales de empaque (papel, cartón, vidrio, madera, metal, plástico, unicel, etc.). • Generación de materiales contaminados: como: algodón y algunos contenedores vacíos que contuvieron grasa, pintura, solvente o combustible y ropa de trabajo contaminada: guantes y ropa de algodón.
Medidas de Mitigación	
• Hokchi Energy aplicará un estricto control para minimizar su generación, evitando estrictamente el uso de desechables, asimismo estos residuos serán separados y entregados a un contratista especializado. • Para los residuos no peligrosos tales como madera, plástico, papel, aluminio, cartón y metales, producidos en las instalaciones serán separados para ser reciclados. • Los residuos peligrosos generados en estas etapas se recolectarán en botes o en tambores y se almacenarán temporalmente, se realizará la segregación, se etiquetarán y envasarán para su tratamiento o envío a disposición final.	

MEDIO BIÓTICO (FLORA Y FAUNA)

Componente Ambiental	FLORA Y FAUNA (Instalaciones Marinas y Terrestres)
Etapa	**Preparación del sitio y construcción**
Descripción del impacto	• Afectaciones a flora y fauna presentes en el sitio del proyecto generando residuos vegetales durante el desmonte y despalme del área • Retiro de suelo arcilloso (capa vegetal) • Presencia de flora en el predio en donde se instalará la Planta Hokchi Paraíso de especies listadas en la norma NOM-SEMARNAT-059-2010 con alguna categoría de protección
Medidas de Mitigación	
• Para todos los participantes en las actividades del Proyecto tanto las marinas como las terrestres quedan prohibidas las actividades de captura, caza, colecta o cualquier otra actividad que afecte a las especies de fauna dentro y en los alrrededores del área del Proyecto, así como la introducción de fauna doméstica. • En donde se ubicarán las instalaciones terrestres no se hará uso de productos químicos o aplicación de quema para la eliminación de la cobertura vegetal. Esta se hará por medios manuales o mecánicos. • El material producto del desmonte y poda deberá ser triturado y dispersado homogéneamente en los terrenos aledaños o en su caso este deberá de ser retirado y confinado a las áreas donde la autoridad competente designe. • Sí durante las actividades del proyecto se requiere afectar de alguna manera a alguna especie listada en la NOM-SEMARNAT-059-2010, se contará con un programa para el rescate y reubicación de flora y fauna silvestre presente en el sitio del Proyecto con alguna categoría de protección.	

SOCIOECONÓMICO

Considerando que el impacto identificado sobre el factor para todas las etapas del proyecto es la generación de empleo y siendo este positivo, el proyecto considera como una manera de maximizar este impacto, la de aprovechar lo más posible la mano de obra local, incluyendo las

actividades que serán realizadas por contratistas considerando siempre a los prestadores de servicios locales

VI.2 Programa de vigilancia ambiental

El programa de vigilancia ambiental para este proyecto estará integrado al SASISOPA (requerimiento de ASEA) y que la empresa Hokchi lo denomina Sistema de Administración de Riesgos de Hokchi Energy SA. de CV.

En este sistema se integrarán todas las actividades del programa de vigilancia ambiental de este proyecto y con el cual se llevará a cabo su administración. El sistema incluye diagnóstico, planeación, evaluación, control y mejora continua del desempeño de las medidas pertinentes para evitar impactos al ambiente.

Cabe mencionar que este sistema considera dentro de sus principios el compromiso de la alta dirección para asegurar la identificación de peligros relacionados con sus actividades, la jerarquización y control de los riesgos asociados a los mismos, la prevención y cuantificación de los impactos ambientales y el cumplimiento de toda la legislación aplicable.

El sistema también considera la incorporación de contratistas, proveedores y prestadores de servicios seguros, confiables y comprometidos con la Seguridad, Salud en el Trabajo, Protección Ambiental y Desarrollo Sustentable, quienes están obligados a apegarse al mismo nivel de cumplimiento en los estándares que ha establecido la empresa.

La función del Programa de Vigilancia Ambiental de este proyecto es controlar los probables impactos ambientales identificados en el capítulo V de esta MIA, así como establecer la forma de llevar a cabo las inspecciones y controles y asegurar que todas las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales sean llevadas adecuadamente.

Este programa controlará todos los aspectos ambientales identificados por el desarrollo del proyecto, tales como contaminación atmosférica, suelo, calidad del agua, aspectos de contaminación acústica y medidas de protección de flora y fauna.

El objetivo principal del Programa de Vigilancia Ambiental es el de planificar las actividades que se van a llevar a cabo para la mitigación y prevención de los impactos generados durante las etapas de Preparación del Sitio, Construcción, Operación, Mantenimiento y Abandono; y que permita verificar el cumplimiento de las medidas de mitigación principalmente.

El Programa de Vigilancia Ambiental está compuesto por diversos Subprogramas que tienen como uno de sus objetivos el cumplimiento del marco normativo ambiental aplicable al desarrollo del proyecto en todas en sus etapas, facilitando que se tomen decisiones concretas para la prevención y control de los impactos al ambiente.

Los objetivos básicos del Programa de Vigilancia Ambiental son los siguientes:

- Controlar la correcta ejecución de las medidas preventivas y de mitigación de impacto ambiental previstas.
- Verificar los estándares de calidad de los materiales y medios empleados en las actuaciones proyectadas de índole ambiental.

- Comprobar la eficacia de las medidas preventivas y de mitigación establecida y ejecutada. Cuando tal eficacia se considere insatisfactoria, determinar las causas y establecer los remedios adecuados.
- Detectar impactos no previstos y proponer las medidas adecuadas para reducirlos, eliminarlos o compensarlos.
- Presentar un método sistemático, lo más sencillo y económico posible, para realizar la vigilancia de una forma eficaz.
- Describir el tipo de informes y la frecuencia y periodo de su emisión y a quien van dirigidos.

Para conseguir estos objetivos el Programa de Vigilancia Ambiental describe con el suficiente grado de detalle el seguimiento que se va a hacer de las medidas de mitigación y de los elementos del medio natural. Asimismo estarán especificados los plazos estipulados para su realización, la frecuencia de controles, el espacio físico a controlar, los métodos a utilizar, el equipo humano implicado y los equipos de medida a emplear principalmente.

En general debe destacarse que el Programa de Vigilancia Ambiental es la base para establecer el comportamiento ambiental requerido por el proyecto durante sus diversas etapas, incluyendo su abandono. El Programa de Vigilancia Ambiental considera un conjunto de pautas y caminos destinados a alcanzar metas ambientales prefijadas, y que buscan asegurar que las decisiones ambientales sean racionales, efectivas y sostenibles en el tiempo.

El Programa de Vigilancia Ambiental es la parte visible de la evaluación de los impactos ambientales, el cual incluye todas las medidas para mitigar, compensar y verificar y todos los impactos ambientales presentes en las distintas etapas del desarrollo del proyecto y permite manejar estos impactos para llevarlos a niveles aceptables y considera lo siguiente:

- Una bitácora de trabajo y un cronograma de las tareas que deben efectuarse para cumplir con las exigencias y recomendaciones ambientales.
- Un sistema de informes sobre la evaluación ambiental del proyecto y el seguimiento, incluyendo las auditorias correspondientes.
- Plan de trabajo incluyendo las funciones de los responsables y requisitos del personal.
- El cronograma de trabajo del Plan.
- Plan de capacitación de personal, mediante el cual se llevará a efecto el Programa de Capacitación específico de Medio Ambiente.
- Plan de Administración y Control de Contratistas que incluye como se deberá llevar a cabo la vigilancia y el control del cumplimiento ambiental de los contratistas y prestadores de servicios
- Plan de Auditorías Internas e Indicadores de Desempeño con el cual se llevará a cabo el Programa de Seguimiento.

Los mecanismos y acciones tendientes a minimizar los impactos ambientales o medidas de mitigación que se llevarán a cabo durante el proyecto se indican a continuación:

Impacto	Medida de mitigación	Etapa de implementación			
		Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento	Abandono
Emisiones de gases de combustión de las embarcaciones de apoyo y de la maquinaria utilizada en las actividades marinas	Estricto cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo de maquinaria sobre cubierta y embarcaciones, así como una rigurosa supervisión de contratistas por parte de Hokchi Energy.	X	X	X	X
En las áreas donde se instalarán la Planta Hokchi, Estación de Medición y ductos terrestres se generarán gases de combustión de la maquinaria utilizada y vehículos de transporte.	Estricto cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos utilizados para las instalaciones terrestres, así como una rigurosa supervisión de contratistas por parte de Hokchi Energy	X	X	--	--
Principalmente durante la compactación y nivelación, de las áreas donde se instalarán la Planta Hokchi y Estación de Medición, se generarán partículas de polvo.	Se humedecerán periódicamente con agua tratada las áreas de trabajo en las que se realice el acondicionamiento a fin de evitar la generación de partículas y polvos	X	X	--	--
En las plataformas marinas solo en caso de presentarse una emergencia serán generados gases de combustión a través del quemador de emergencia.	Se instalará un quemador del tipo boom que es el más adecuado en sistemas en donde se manejan mezclas líquido-gas, ya que su boquilla asegura una adecuada atomización de los líquidos para vaporizarlos y mejorar la combustión, evitando precipitaciones.	--	-	X	--
En la Planta Hokchi Paraíso se generarán gases de combustión del sistema de generación de energía eléctrica a base de turbinas de gas y en caso de una emergencia a través del quemador elevado de emergencia	• Se utilizarán turbinas de gas que son mucho más eficientes y menos contaminantes que las turbinas de vapor. Hokchi Energy aplicará estrictamente el plan de mantenimiento del sistema con el fin de minimizar emisiones a la atmósfera • Se incluye en el diseño un quemador elevado de alta eficiencia.	--	-	X	--
Recortes de perforación generados durante la perforación de los pozos	Los recortes de perforación cuyo manejo depende de los resultados de un análisis para determinar sus características CRETIB, lo que permitirá precisar si es considerado como un residuo peligroso o como uno no peligroso y serán manejados de acuerdo a los aspectos ambientales señalados en la NOM-149-SEMARNAT-2006.	--	X	--	--
Generación residuos (no peligrosos y peligrosos) generados en las embarcaciones de apoyo a las instalaciones marinas y terrestres	• Para los residuos de las embarcaciones se dará cumplimiento del Anexo V (Reglas para prevenir la contaminación por desechos y basuras) del Convenio MARPOL 73/78. • Para los residuos no peligrosos tales como madera, plástico, papel, aluminio, cartón y metales serán separados para ser reciclados, los de instalaciones marinas ya separados serán llevados a tierra.	X	X	X	X

Impacto	Medida de mitigación	Etapa de implementación			
		Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento	Abandono
	• Los residuos peligrosos generados se recolectarán en botes o en tambores y se almacenarán temporalmente en áreas dispuestas para este fin, en donde se etiquetará y envasará para su tratamiento o envío a disposición final.				
Generación residuos domésticos por actividades llevadas a cabo en las instalaciones terrestres.	Hokchi Energy aplicará un estricto control para minimizar su generación, evitando estrictamente el uso de desechables, asimismo estos residuos serán separados y entregados a un contratista especializado.	X	X	X	X
Afectaciones a flora y fauna presentes en el sitio del proyecto: desmonte, despalme y retiro de suelo arcilloso (capa vegetal) en donde se instalará la Planta Hokchi Paraíso, presencia de flora en el predio en donde se instalará la Planta Hokchi Paraíso de especies listadas en la norma NOM-SEMARNAT-059-2010 con alguna categoría de protección	• Para todos los participantes en las actividades del Proyecto tanto las marinas como las terrestres quedan prohibidas las actividades de captura, caza, colecta o cualquier otra actividad que afecte a las especies de fauna dentro y en los alrrededores del área del Proyecto, así como la introducción de fauna doméstica. • En donde se ubicarán las instalaciones terrestres no se hará uso de productos químicos o aplicación de quema para la eliminación de la cobertura vegetal. Esta se hará por medios manuales o mecánicos. • El material producto del desmonte y poda deberá ser triturado y dispersado homogéneamente en los terrenos aledaños o en su caso este deberá de ser retirado y confinado a las áreas donde la autoridad competente designe. • Sí durante las actividades del proyecto se requiere afectar de alguna manera a alguna especie listada en la NOM-SEMARNAT-059-2010, se contará con un programa para el rescate y reubicación de flora y fauna silvestre presente en el sitio del Proyecto con alguna categoría de protección.	X	X	--	--

VI.3 Seguimiento y control (monitoreo)

El seguimiento y control (monitoreo) al programa de vigilancia ambiental para este proyecto estará integrado al SASISOPA (requerimiento de ASEA) y que la empresa se Hokchi lo denomina Sistema de Administración de Riesgos de Hokchi Energy SA. de CV.

El plan de seguimiento y monitoreo ambiental se desarrollará mediante fichas, tablas o cuadros.

Una ficha identificará, para cada fase del proyecto o actividad, las obras o acciones que se contemplan ejecutar; la forma, lugar y oportunidad de su ejecución; y la referencia de la página del Estudio donde se describe detalladamente dicha obra o acción. Una ficha identificará, para cada fase del proyecto o actividad, la normativa de carácter ambiental aplicable, incluidos los permisos ambientales sectoriales; el componente ambiental involucrado; la forma en la que se dará cumplimiento a las obligaciones contenidas en dichas normas, y el organismo de la administración del Estado competente en su fiscalización, si éste estuviere establecido.

Una ficha identificará, para cada fase del proyecto o actividad, las obras o acciones que se contempla ejecutar; el componente ambiental involucrado; el impacto ambiental asociado; la descripción de la medida correspondiente, ya sea de mitigación, reparación o compensación, o de prevención de riesgos o control de accidentes; la forma de implementación; el indicador que permita cuantificar, si corresponde, el cumplimiento de la medida; la oportunidad y lugar de su implementación; y la referencia de la página del Estudio donde se describe detalladamente la medida.

La ficha incluirá la descripción de las acciones realizadas, en relación a consultas y/o encuentros con organizaciones ciudadanas o con personas naturales directamente afectadas, si corresponde, incluyendo los resultados obtenidos de dichas iniciativas. Asimismo, se podrá definir un programa de acciones destinadas a asegurar la participación informada de la comunidad organizada, de las personas naturales directamente afectadas o de las organizaciones ciudadanas.

VI.4 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas

Los costos estimados de cada una de las o
etapas del proyecto tienen un costo total de Costos inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

Costos inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP

En el Cuadro VI.1 se presentan los costos estimados para el desarrollo del proyecto, en el Cuadro VI.2 se presentan los costos estimados para la etapa de producción el desarrollo del proyecto y finalmente en el Cuadro VI.3 se presentan los costos estimados para el abandono del proyecto

En el Anexo 1 se incluye el registro de pólizas de seguros en ASEA, el cual indica el límite de la suma asegurada por Responsabilidad civil, daño ambiental y control de pozos.

Cuadro VI 1Costos Estimados (etapa de desarrollo del proyecto)

Actividad Petrolera	Sub-actividad Petrolera	Tarea	Total 2018-2040 USD
Desarrollo	General	Evaluaciones técnico económicas	Costos inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP
		Administración de contratos	
		Plan de desarrollo con ingeniería de detalle	
		Administración, gestión de actividades y gastos generales del proyecto	
		Subtotal General	
	Geofísica	Reinterpretación sísmica de detalle	
		Procesamiento y reprocesamiento de datos sísmicos	
		Subtotal Geofísica	
	Geología	Caracterización geológica – petrofísica de Yacimientos	
		Análisis geoquímicos de muestras	
		Estudios estratigráficos	
		Análisis de Hidrocarburos	
		Estudios petrofísicos	
		Subtotal Geología	
	Perforación de Pozos	Preparación de áreas y/o vías de acceso a la localización	
		Transporte marítimo y/o aéreo de personal, Materiales y/o equipos	
		Servicios de soporte	
		Servicios de perforación de Pozos	
		Suministros y Materiales	
		Terminación de Pozos	
		Subtotal Perforación de Pozos	
	Pruebas de Producción	Equipamiento de Pozos	
		Realización de pruebas de producción	
		Subtotal Pruebas de Producción	
	Ingeniería de Yacimientos	Cálculo de Reservas y estimaciones de producción	
		Modelado y simulación de Yacimientos	
		Estudios de presión volumen temperatura (PVT)	
		Caracterización de Yacimientos	
		Diseño de terminaciones de Pozos	
		Subtotal Ingeniería de Yacimientos	
	Intervención de Pozos	Intervención de Pozos para restauración	
		Otras intervenciones específicas en Pozos	
		Subtotal Intervención de Pozos	
	Otras Ingenierías	Ingeniería de detalle	
		Ingeniería conceptual	
		Diseño de instalaciones de superficie	
		Estudios de fondo marino	
		Diseño de ductos	
		Subtotal Otras Ingenierías	
	Construcción Instalaciones	Construcción de instalaciones terrestres y marinas	
		Construcción y tendido de ductos	
		Subtotal Construcción Instalaciones	
	Seguridad, Salud y Medio Ambiente	Elaboración del plan de seguridad y medio ambiente	
		Prevención y detección de incendio y fugas de gas	
		Implementación y seguimiento	
		Auditoría ambiental	
		Tratamiento y eliminación de residuos	
		Restauración ambiental	
		Auditorías de seguridad	
		Subtotal Seguridad, Salud y Medio Ambiente	
Sub-Total Desarrollo			

Cuadro VI 2 Costos Estimados (etapa de producción)

Actividad Petrolera	Sub-actividad Petrolera	Tarea	Total 2018-2040 USD
Producción	General	Administración de contratos	Costos inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP
		Administración, gestión de actividades y gastos generales del proyecto	
		Transporte marítimo y/o aéreo de personal, Materiales y/o equipos	
		Servicios de soporte	
		Subtotal General	
	Geología	Procesamiento y reprocesamiento de información geofísica y petrofísica	
		Caracterización geológica y petrofísica de Yacimientos	
		Análisis geoquímicos de muestras	
		Estudios petrofísicos	
		Subtotal Geología	
	Pruebas de Producción	Equipamiento de Pozos	
		Realización de pruebas de producción	
		Subtotal Pruebas de Producción	
	Ingeniería de Yacimientos	Cálculo de Reservas y estimaciones de producción	
		Simulación y caracterización de Yacimientos	
		Estudios de presión volumen temperatura (PVT)	
		Diseño de terminaciones de Pozos	
		Subtotal Ingeniería de Yacimientos	
	Otras Ingenierías	Ingeniería de detalle para reacondicionamiento de instalaciones	
		Subtotal Otras Ingenierías	
	Construcción Instalaciones	Construcción y/o adaptación de infraestructura u otras facilidades	
		Subtotal Construcción Instalaciones	
	Intervención de Pozos	Intervención de Pozos para mantenimiento y rehabilitación	
		Otras intervenciones específicas en Pozos	
		Subtotal Intervención de Pozos	
	Operación de Instalaciones de Producción	Mantenimiento de las instalaciones de producción	
		Ingeniería de producción	
		Operación de las instalaciones de producción	
		Subtotal Operación de Instalaciones de Producción	
	Ductos	Mantenimiento de ductos	
		Operación de ductos	
		Subtotal Ductos	
	Seguridad, Salud y Medio Ambiente	Actualización del plan de seguridad y medio ambiente	
		Prevención y detección de incendio y fugas de gas	
		Implementación y seguimiento	
		Auditoría ambiental	
		Tratamiento y eliminación de residuos	
		Restauración ambiental	
		Auditoría de seguridad	
		Subtotal Seguridad, Salud y Medio Ambiente	
	Sub-Total Producción		

Cuadro VI 3 Costos Estimados (etapa de abandono)

Actividad Petrolera	Sub-actividad Petrolera	Tarea	Total 2018-2040 USD
Abandono	General	Evaluaciones técnico económicas	Costos inversión del proyecto (Secreto Industrial) Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIP y 116 de la LGTAIP
		Administración de contratos	
		Administración, gestión de actividades y gastos generales del proyecto	
		Subtotal General	
	Otras Ingenierías	Planes de Abandono	
		Subtotal Otras Ingenierías	
	Desmantelamiento de Instalaciones	Ejecución del Abandono instalaciones de superficie	
		Ejecución de planes de restauración	
		Ejecución de planes de Abandono de instalaciones de fondo	
		Transporte marítimo y/o aéreo de personal, Materiales y/o equipos	
		Servicios de soporte	
		Subtotal Desmantelamiento de Instalaciones	
	Seguridad, Salud y Medio Ambiente	Estudios de impacto ambiental	
		Prevención y detección de incendio y fugas de gas	
		Tratamiento y eliminación de residuos	
		Auditoría ambiental	
		Auditoría de seguridad	
		Subtotal Seguridad, Salud y Medio Ambiente	
Sub-Total Abandono			

CONTENIDO

Descripción	Página
VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	2
VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto	2
VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto	2
VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación	2
VII.4 Pronóstico ambiental	2
VII.5 Evaluación de alternativas	7
VII.6 Conclusiones	10

FIGURAS

Descripción	Página
Figura VII 1 Gráfica de calidad Ambiental vs tiempo	3
Figura VII 2 Alternativas estudiadas durante la selección del sitio para la ubicación del Complejo Hokchi Planta Paraíso	10

CUADROS

Descripción	Página
Cuadro VII 1 Evaluación de los componentes en cada uno de los escenarios	3
Cuadro VII 2 Evaluación de los componentes en cada uno de los escenarios	4

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto

VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto

VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación

VII.4 Pronóstico ambiental

En este apartado se presenta el análisis integrado de los siguientes escenarios:

- Sin proyecto,
- Con proyecto,
- Con proyecto y con medidas de mitigación y
- Pronóstico ambiental.

Analizada la información en cuanto a la situación ambiental actual del entorno (Diagnóstico ambiental, capítulo IV de esta MIA) del proyecto, referidos principalmente a los elementos ambientales como:

Clima, Aire, Geología, Geomorfología, Suelo, Hidrología, Flora, Fauna, Población y economía (Crecimiento de la población, salud, empleo, ingresos y economía); y el Valor estético del paisaje en el área del proyecto (Visibilidad, Calidad y fragilidad).

Así como de la interacción de las actividades preponderantes del proyecto con dichos elementos ambientales, durante las etapas de Preparación sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento tanto de las instalaciones marinas como de las terrestres que incluye el proyecto Hokchi.

El resultado de este análisis indica que los impactos globales son compatibles con el ambiente considerando que estos pueden ser asimilados mediante los ciclos naturales de autorregulación y tomando en cuenta las medidas de mitigación.

Considerando las condiciones ambientales y la capacidad de autorregeneración del medio en la región, se puede predecir que la regeneración natural de los ecosistemas es tan probable como la continuidad de las actividades antropogénicas en el área de estudio, lo cual se debe al crecimiento de la población y de las actividades industriales que son soporte de la economía del municipio de Paraíso y a nivel estatal.

Considerando la premisa de que no existe proyecto sin impacto ambiental, y partiendo de que la vegetación en el área del proyecto ha sido alterada en el pasado por otras actividades antropogénicas (agricultura y pastoreo), entonces podemos considerar la siguiente Figura:

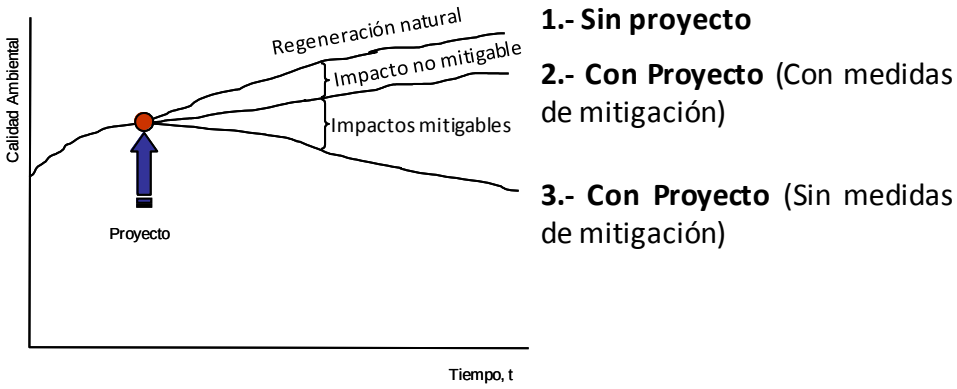


Figura VII 1 Gráfica de calidad Ambiental vs tiempo

Escenario 1: Sin el proyecto el Sistema ambiental actual, con el paso del tiempo el área podría regenerarse en forma natural si no sufre presión alguna por actividades del antropogénicas, hasta alcanzar una situación próxima a la original.

Escenario 2: Representa el proyecto con la implementación estricta de las medidas que disminuyan los posibles impactos de las actividades que se llevarán a cabo en cualquiera de las etapas del proyecto. Finalmente, los impactos no mitigables o residuales, aun aplicando las medidas correctivas o de mitigación deberán estar incluidos en el programa de vigilancia ambiental para evitar que estos se salgan de control en todo el tiempo de vida del proyecto.

Escenario 3: Con el proyecto, descuidando las medidas de mitigación o sin implementación conllevaría posiblemente a un incremento al deterioro de la calidad de los elementos ambientales en el entorno del proyecto.

Para realizar estas proyecciones es necesario conocer la calidad de cada uno de los componentes, los impactos a los que serán sometidos dichos componentes; la significancia y mitigabilidad de los mismos, es decir que se requieren conocer las condiciones base del sistema ambiental lo que se muestra a continuación:

Cuadro VII 1 Evaluación de los componentes en cada uno de los escenarios

Componente	Diagnóstico	Impactos	Significancia/ Mitigabilidad
Agua	Moderadamente modificado	Generación de Aguas residuales	Media/Alta
Aire	Moderadamente modificado	Emisión de Gases Provenientes de vehículos	Media/Media
		Incremento de nivel sonoro	Alta/Media
		Emisión de partículas y gases por la industria	Media/Media
Suelo		Cambio de uso de suelo	Media/Baja

Componente	Diagnóstico	Impactos	Significancia/ Mitigabilidad
	Fuertemente modificado	Generación de residuos sólidos	Baja/Alta
		Generación de residuos peligrosos	Baja/Alta
Flora y Fauna	Moderadamente modificado	Remoción de la cubierta vegetal	Media/Baja
		Destrucción de hábitat	Media/Media
		Fragmentación del hábitat	Alta/Media
Paisaje	Débilmente modificado	Alteración de la visibilidad y calidad paisajística	Baja/Baja
Medio Socioeconómico	Modificado positivamente*	Generación de empleos	No aplica
	Poco Modificado	Daños a la salud por efecto Contaminación ambiental	Media/Alta

*Consecuencia de la generación de empleos que supone el proyecto.

Partiendo de las características base del sistema ambiental y una vez realizada la caracterización de impactos ambientales se plantean los siguientes desenlaces para cada uno de los 3 escenarios planteados anteriormente, cuyos resultados son resumidos:

Cuadro VII 2 Evaluación de los componentes en cada uno de los escenarios

Componente Ambiental	Sin Proyecto	Proyecto sin Medidas de Mitigación	Proyecto con Medidas de Mitigación
Agua	Se mantiene	Se deteriora	Se mantiene
Aire	Se mantiene	Se deteriora	Se mantiene
Suelo	Se mantiene	Se mantiene	Se mantiene
Flora y Fauna	Se mantiene	Se deteriora	Se deteriora
Paisaje	Se mantiene	Se deteriora	Se deteriora
Medio Socioeconómico	Se mantiene	Se deteriora	Mejora

Para cada uno de los escenarios propuestos se plantearon 3 posibles desenlaces por factor ambiental y estos se describen enseguida:

a) **Mejora**. La calidad ambiental del sistema se incrementa por efecto de una mejora de las condiciones de uno o más de sus componentes ambientales;

b) **Se mantiene**. La calidad ambiental del sistema conserva sus características actuales, conservando su capacidad actual de resiliencia, es decir, de absorber las perturbaciones sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad, lo que le permite regresar a su estado previo tras la ocurrencia de la perturbación; y

c) **Se deteriora**. La calidad ambiental del sistema muestra una tendencia de declive por los procesos antrópicos manifestándose por ejemplo en un incremento de la erosión, pérdida de biodiversidad, deforestación, contaminación del aire, agua y suelo.

A continuación se detallan las razones por las cuales se dio cada clasificación a los componentes ambientales en los 3 escenarios planteados previamente.

Agua.
En la Terminal Marítima Dos Bocas (TMDB), el agua de producción se separa del crudo, se trata y luego se regresa por ductos submarinos al océano. Estas prácticas podrían causar problemas potenciales en el medio ambiente.

Las amenazas sobre las aguas marinas identificadas en la región en estudio se deben principalmente a la contaminación por instalaciones marinas petroleras, gran número de plataformas, así como la red de ductos marinos que transportan agua de producción y petróleo crudo.

En todas las etapas del ciclo de vida del petróleo costa afuera, durante la exploración, producción y proceso, pueden ocurrir descargas accidentales de crudo y agua de producción. Los derrames de crudo y aguas congénitas liberan hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), sales y metales pesados al ambiente.

Existe contaminación por coliformes fecales debido a las aguas residuales municipales vertidas por poblaciones cuenca arriba en los cuerpos de agua, así como contaminación por nutrientes transportados por los escurrimientos de suelos agrícolas.

También alguna presión sobre especies de importancia pesquera, como el ostión en las lagunas Del Carmen, Pajonal y la Machona.

Y por los usos principales en la región del agua superficial como son abastecimiento a las poblaciones, en menor escala para uso industrial y como vías de comunicación sistema del sistema lagunar Mecoacán hasta la desembocadura del río Grijalva.

En cuanto a la hidrología subterránea, la región muestra condiciones geológicas climáticas favorables, donde el dinamismo del ciclo hidrológico es de altas precipitaciones y de alta frecuencia en todo el SAR e inclusive en todo el estado. Aunado a lo anterior, la llanura costera está conformada por material de granulometría areno-arcillosa con características de muy buena permeabilidad, lo que hace que la dinámica de dicho ciclo geohidrológico favorezca las recargas del acuífero.

La Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea en la región es suficiente para otorgar concesiones o asignaciones y mantener el acuífero en condiciones sustentables, por lo que no existe déficit del recurso.

Aire
Actualmente la contaminación del aire en la región de estudio en sus diferentes contaminantes Dióxido de Azufre (SO_2), Ozono, Monóxido de Carbono, Óxido Nítrico (NO), Dióxido de Nitrógeno (NO2) y Óxidos de Nitrógeno (NOx), todos se encuentran por debajo de los límites máximos marcados por la norma de calidad del aire.

Los contaminantes del aire presentes en la región están asociados principalmente a que la mayor densidad de las fuentes de emisión (Plataformas petroleras existentes) que se encuentra ubicadas a más de 70 km del Proyecto y del SAR definido y su buena calidad se debe a la buena dispersión atmosférica que existe en la región.

Por lo que no se intuyen fuertes amenazas en la calidad del aire de región, debido a la buena dispersión que impera que se debe a las velocidades de viento que oscilan entre 2 a 4 m/s y rachas de hasta 10 m/s, estos factores ayudan para que la calidad del aire en la región en estudio sea buena en términos de contaminantes criterio y también se debe a que dicha dispersión también se ve influenciada por las temperaturas del ambiente que fluctúan entre 22 a 31°C, así como de la humedad relativa que varía entre 40 y 90%.

Suelo.
En cuanto a la presencia de hidrocarburos de suelos cercanos a la línea de costa, cabe hacer notar que estos hidrocarburos observados no debieran encontrarse de manera natural, sin embargo, se presentan muy por debajo de las concentraciones límite para suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación.

Los actualmente presentan un contenido de materia orgánica menor a 4% por lo que se considera que todos los suelos muestreados se clasifican como de clase de suelo muy baja en cuanto a materia orgánica.

Se puede decir que en cuanto el suelo de la región este se encuentra en buen estado, pero que las actividades petroleras podían contaminar significativamente los suelos de la región.

Flora y Fauna.
Tanto la flora como la fauna de la región, principalmente en la zona costera ha tenido una transformación por las actividades antropogénicas como la agricultura, ganadería y áreas de uso industrial, principalmente por la explotación del petróleo a lo largo de la costa, así como por el crecimiento de la población.

Se observa que ha habido una enorme transformación de la vegetación de las dunas costeras. Solamente quedan relictos de vegetación herbácea y matorrales en algunos sistemas de dunas, pero la vegetación de selva ha desaparecido en gran parte del SAR.

La siembra de cocotales, cuyo auge económico se dio desde el siglo pasado por la producción coprera, ocupa aún grandes extensiones. Muchos de estos cocos están siendo destruidos por la enfermedad del amarillamiento letal. Sin embargo, a pesar de esta problemática que se propaga a lo largo de las costas del Golfo de México, el uso de suelo actual en el SAR, sigue predominando la agricultura con el cultivo de cocos en toda la franja costera.

Dentro de estas actividades antrópicas, también la ganadería a lo largo de la zona costera incluyendo sobre dunas próximas a la línea de costa, ocupan grandes extensiones; así como también, las lagunas interdunarias se usan como abrevaderos para el ganado. Hacia el oeste del litoral, también pueden encontrarse jagüeyes en las zonas de menos inundación, donde aflora el agua del manto freático y forman pequeñas lagunas interdunarias artificiales.

Las operaciones de exploración y extracción de hidrocarburos fósiles en el Sistema Marino causan dos niveles de efectos ecológicos. El primer nivel es de mayor severidad en el ecosistema costero debido a la reducción o permanente remoción de alguno de sus componentes básicos, tales como las comunidades de plantas vasculares acuáticas.

El segundo nivel es la presencia de alteraciones del substrato causadas por las operaciones de dragado, apertura de canales, instalaciones de oleoductos y plataformas en el ambiente costero y marino, generan alteraciones en flora y fauna de diferente complejidad. En contraste, en el

ambiente marino, las alteraciones potenciales derivadas de la industria petrolera son atenuadas por la capacidad de amortiguamiento del sistema mismo.

En el ambiente marino se reconocen fluctuaciones naturales en cada uno de sus componentes ecológicos; tales fluctuaciones son compensadas mediante mecanismos internos de tipo homeostático los cuales contribuyen a mantener un equilibrio en el ciclo de la de materia y energía. El estudio preliminar del flujo de carbono orgánico en el área de aguas someras del sur del Golfo de México, muestra un sistema altamente subsidiado por las aportaciones de materiales orgánicos de origen continental, cuyo destino final es el componente sedimentario de la plataforma continental y el mar profundo adyacente.

Medio Socioeconómico
En la región en estudio los índices de marginación y rezago social reportados indican grado de marginación Bajo con un índice de rezago social Muy bajo. Cabe mencionar que actualmente la industria petrolera de la región ha caído en retroceso y que se espera con la reforma energética del país una fuerte reactivación de esta industria en la región y por lo tanto mejora en el medio socioeconómico.

Pronóstico Ambiental de la Región
Para el pronóstico se consideró que:

Los elementos ambientales agua, aire y suelo actualmente se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de contaminantes por la normatividad.

El medio biótico (flora y fauna) ha sufrido una transformación principalmente en la zona costera por las actividades antropogénicas como la agricultura, la ganadería y el crecimiento de la población.

En la región en estudio los índices de marginación y rezago social reportados indican grado de marginación Bajo con un índice de rezago social Muy bajo.

A últimas fechas la producción petrolera del Golfo de México, que en su mayor parte es recibida en tierra en TMDB, ha decaído con sus respectivas afectaciones en la población.

Con la reforma energética se espera la reactivación de la industria petrolera en la región con la producción, en aproximadamente 5 años, de los campos Poroch, Ichalkil, Tecoalli, Mizton, Amoca y el área contractual 7, los cuales ya han sido asignados y a unos 12 años las áreas contractuales 8, 9,10, 11, 12, y 13.

Considerando que las empresas productoras incluirán tecnologías modernas y menos contaminantes, incluyendo medidas de mitigación pertinentes para reducir sus impactos al ambiente.

Se puede concluir que el pronóstico ambiental para la región en estudio es esperanzador.

VII.5 Evaluación de alternativas

Para la selección de la mejor alternativa de proceso y la ubicación de su infraestructura Hokchi Energy utilizó la herramienta de calidad “Metodología Funnel Filters”, la cual consiste en analizar

las distintas y diversas opciones para el desarrollo por pasos y/o etapas, descartando las “menos factibles” y profundizando el análisis en las más potenciales.

El método es una analogía del sistema de cedazo en un embudo, donde las partículas más finas pasan a otra etapa y las de mayor tamaño quedan descartadas. Así, radica en ingresar al análisis de factibilidad, todas las opciones y oportunidades potenciales, las que son calificadas y seleccionadas para convertirlas en oportunidades, descartando las menos factibles.

En la aplicación de la metodología, se ingresaron primeramente al proceso, las opciones e ideas surgidas de los diversos estudios tales como: tormentas de ideas, tecnologías de mercado, evaluación de casos similares de distintas operadoras nacionales y mundiales, el caso base del presupuesto definido inicialmente para Hokchi, etc.

El objetivo del proceso de filtrado fue el planteo de todas las “posibles” alternativas de desarrollo, filtrando y descartando las no factibles con un análisis de factibilidad técnico económico para el campo Hokchi.

Este análisis tomó en cuenta las alternativas de desarrollo, con escenarios de máxima y mínima producción de las reservas, antes del ensayo de pozos, características de la ubicación, etc., mediante un análisis de diseños conceptuales de las siguientes configuraciones.

- Conexión a instalaciones costa afuera existentes.
- Conexión a instalaciones terrestres existentes.
- Instalaciones propias terrestres sin tratamiento.
- Instalaciones propias terrestres con tratamiento.
- Instalaciones propias con tratamiento costa fuera Hokchi y comercialización costa adentro.
- Instalaciones propias con tratamiento costa afuera Hokchi y comercialización costa adentro para el caso del gas y costa fuera para el caso del aceite.

Y evaluando en todo momento los siguientes aspectos para cada opción:

Riesgos de Alto Nivel: Se evaluaron de manera independiente los elementos principales (pérdida de vidas humanas, daños al medio ambiente y pérdidas materiales) que caracterizan el riesgo en instalaciones de explotación de hidrocarburos.

Confiabilidad: Se evalúa la probabilidad de mantener la producción sin interrupciones y de realizar una adecuada medición de la producción en los puntos de cambio de custodia.

Operatividad: Se evalúa la factibilidad de reducir la cantidad de personal, operar las plataformas remotamente y de realizar paros remotos controlados.

Mantenimiento: El mantenimiento está asociado a la cantidad de infraestructura instalada y a la frecuencia requerida.

Flexibilidad Operativa: Se evalúa la factibilidad de modificar las condiciones de operación y de calidad de los hidrocarburos entregados a fin de maximizar la utilidad.

De las seis alternativas planteadas se obtuvieron dos opciones pre-seleccionadas para ser estudiadas con mayor detalle y seleccionar la mejor.

La opción seleccionada considera las instalaciones necesarias para que Hokchi Energy realice el procesamiento y tratamiento de los hidrocarburos a condiciones de calidad para su comercialización.

La opción seleccionada incluye las siguientes instalaciones principales: plataforma satélite, plataforma central, ductos para interconectar plataformas y de las plataforma a tierra, ductos para inyección de agua, instalaciones en tierra que incluyen: sistema de control, sistema de generación/distribución eléctrica, sistema de captación, tratamiento e inyección de agua, tanque de almacenamiento de agua, sistema de proceso de aceite, sistema de proceso de gas, tanque de almacenamiento de crudo, sistema de medición monofásica, sistema de bombeo, compresión, oleoducto y gasoducto para entrega de productos.

Por otro lado la ubicación del campo Hokchi, a aproximadamente 27 km frente del puerto de Dos Bocas, logísticamente presenta ventajas importantes para el desarrollo del proyecto, considerando la etapa de perforación, mantenimiento y reparación de pozos, así como el procesamiento, transporte y comercialización del crudo, como se describe a continuación:

La ubicación de la Terminal Marítima de Dos Bocas, y el puerto API Dos Bocas son considerados una ventaja competitiva por la infraestructura que ofrecen así como su cercanía al campo y al área territorial seleccionada para la construcción de las instalaciones de separación de aceite crudo.

La ciudad de Paraíso se encuentra a 70 km aproximadamente de la capital del estado, Villahermosa donde se encuentran ubicadas contratistas de servicios petroleros requeridos para el desarrollo del campo, lo que permite aprovechar este factor como la base de beneficios que permitirá al proyecto ser eficiente en los procesos relacionados y reducir tiempos logísticos.

Villahermosa se destaca como un centro de negocios y administración de la industria petrolera y del sureste de México. Villahermosa es una ciudad con una gran abundancia de recursos naturales y goza de ser la conexión entre la Ciudad de México (904 km) y las más importantes ciudades del sureste como Cancún (900 km), Mérida (650 km) Campeche (390 km), Oaxaca (500 km), y Cd. del Carmen (168 km).

Existe un aeropuerto internacional ubicado en la misma capital, con capacidad de recibir 20 vuelos por hora y con una pista con capacidad para aterrizar y despegar un Boeing 737.

Tabasco concentra la mayor infraestructura dedicada a atender la demanda de servicios logísticos e industriales del sureste del país, concentra también gran parte de las reservas petroleras de la Ronda Cero las cuales están en espera de ser explotadas, por tal razón se espera un crecimiento de la infraestructura del estado enfocada a esta industria.

Para las selecciones de la ubicación de las instalaciones fuera del Área Hokchi incluidas en el proyecto tanto marinas como las terrestres, siempre se consideraron criterios ambientales.

Para el trazo de los ductos marinos se seleccionó la ruta más corta entre las plataformas y la Planta Hokchi en tierra, así como el arribo costero de los ductos marinos fue ubicada junto a un arribo costero existente de ductos marinos de PEMEX.

Para los trazos de los ductos terrestres fueron elegidos aquellos en los que se aprovechan trazos (derechos de vía) existentes.

Para la ubicación del Complejo Hokchi Planta Paraíso en tierra se estudiaron tres alternativas como se muestra en la Figura VII.1, seleccionándose la alternativa A, debido a que esta alternativa representa las rutas más cortas para los ductos terrestres, el arribo costero se localiza junto al arribo costero de ductos existentes, así como el aprovechamiento de los derechos de vía existentes.

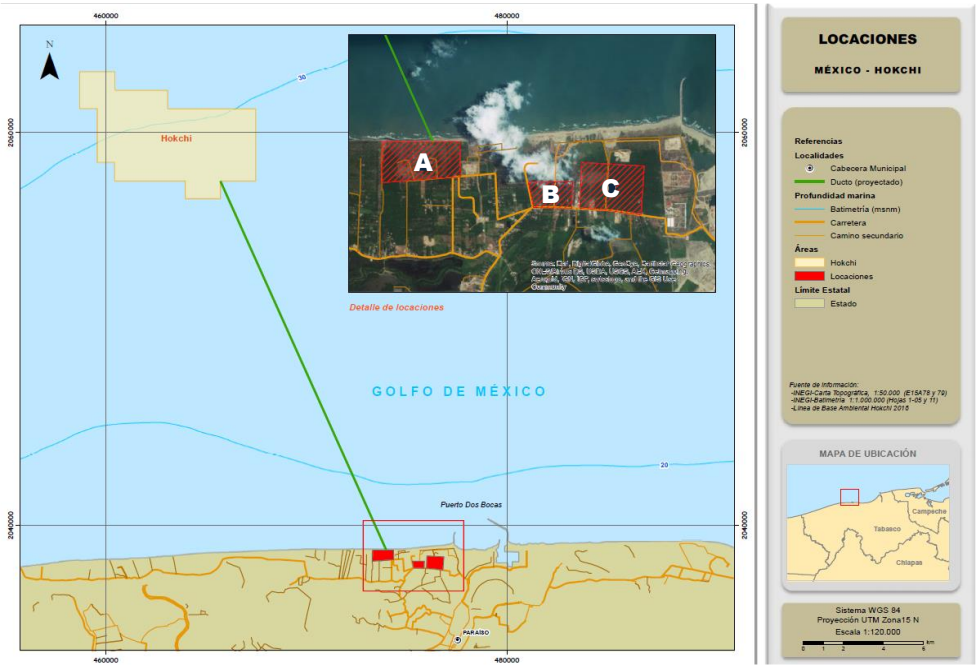


Figura VII 2 Alternativas estudiadas durante la selección del sitio para la ubicación del Complejo Hokchi Planta Paraíso

VII.6 Conclusiones

Después de analizar la ingeniería del proyecto, así como las características de la región en donde se instalará el proyecto y considerando:

Que durante la Licitación 2 de la Ronda 1, en el año 2015, la empresa resultó adjudicada por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) para la Extracción de Hidrocarburos en Aguas Someras en el campo Hokchi, firmando el Contrato CNH-R01-L02-A2/2015 para la Extracción de Hidrocarburos bajo la modalidad de Producción Compartida.

El área del Contrato se ubica en aguas territoriales del Golfo de México, a aproximadamente 30 km al noroeste del puerto Dos Bocas, ciudad de Paraíso, en el estado de Tabasco, bajo un tirante promedio de agua de 30 m.

Que la empresa cuenta con las autorizaciones requeridas por parte de la CNH (Plan de Evaluación y Ejecución del Plan de Desarrollo), asimismo contó oportunamente con la autorización en materia de impacto ambiental para las actividades a realizarse durante la

ejecución del Plan de Evaluación, mediante el ingreso a la ASEA de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular para el Plan de Ejecución.

Que este proyecto consiste en que la producción captada en dos plataformas marinas sea entregada sin tratar en instalaciones terrestres propias de Hokchi, dónde se procesa para obtener la especificación comercial tanto del crudo como del gas asociado y que finalmente esta producción es transferida a ductos comerciales existentes de terceros.

Que para la selección de la ubicación de las instalaciones fuera del Área Hokchi incluidas en el proyecto tanto marinas como las terrestres, siempre se consideraron criterios ambientales.

Para el trazo de los ductos marinos se seleccionó la ruta más corta entre las plataformas y la Planta Hokchi en tierra. Para el caso de las instalaciones terrestres serán ubicadas en predios dedicados actualmente a la agricultura (plantación de coco) y pastoreo. Así como para los ductos terrestres se considera el aprovechamiento de derechos de vía existentes y en operación.

Que el proyecto considera para todas sus instalaciones las mejores tecnologías disponibles actualmente para este tipo de operaciones y el diseño de las instalaciones ha considerado la protección de las propias instalaciones contra fenómenos meteorológicos y naturales adversos con el fin de salvaguardar sus instalaciones, población y el medio ambiente.

Que se han establecido medidas de prevención y mitigación que conformarán el Programa de Vigilancia Ambiental y que tiene como objetivo el garantizar la menor afectación posible del entorno del proyecto.

Que con el objeto de realizar una adecuada gestión de los aspectos de seguridad industrial, seguridad operativa, salud ocupacional y protección ambiental, Hokchi Energy tiene establecido su Sistema de Administración de Riesgos de SSA.

Que en el caso de que ocurriera una contingencia con posibilidad de un derrame accidental con impactos significativos severos al ambiente, Hokchi Energy cuenta con medidas mitigación propias y con una empresa especializada contratada para la contención y recuperación de los hidrocarburos.

Que los resultados de los análisis ambientales desarrollados nos indican que el proyecto por sus características tendrá una insignificante interacción con los elementos ambientales de la región.

Debido a lo anterior se concluye que el proyecto denominado: **“Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Regional para la Etapa de Desarrollo del Área Contractual 2 (Hokchi)”** es compatible ambientalmente con la región en donde será ubicado.

CONTENIDO

Descripción	Página
VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	2
VIII.1 Presentación de la información	2
VIII.1.1 Cartografía.	2
VIII.1.2 Fotografías	2
VIII.1.3 Videos	2
VIII.1.4 Otros anexos	2
VIII.2 Glosario de Términos	3

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

VIII.1 Presentación de la información

VIII.1.1 Cartografía.

En el Anexo No 2, se incluyen los siguientes planos temáticos:

- Mapa Topográfico
- Aguas Subterráneas
- Aguas Superficiales
- Cuencas Hidrológicas
- Subcuencas Hidrológicas
- Climatología
- Unidades de suelo
- Uso de Suelo y Vegetación
- Geología
- Provincias Fisiográficas
- Sistema de Topoformas
- Puntos de Muestreo Terrestre Campo Hokchi Dos Bocas en, Tabasco
- Estaciones de Monitoreo Oceanografico Campo Hokchi
- Estaciones de Monitoreo Oceanografico y Puntos de Muestreo Terrestre Campo Hokchi

VIII.1.2 Fotografías

En el Anexo 5 se incluye la Memoria Fotográfica

VIII.1.3 Videos

No se incluyen videos

VIII.1.4 Otros anexos

Memorias
Las siguientes memorias se incluyen en el Anexo 4:

- Matriz de Leopold
- Evaluación de impactos ambientales significativos

- Análisis Cambio Climático Tabasco
- Listados de vegetación y fauna
- Informe de caracterización ambiental

Otros Documentos
En el Anexo 1 se incluyen los documentos legales

- Acta constitutiva de la empresa
- Acta de Modificación a los Estatutos (más reciente)
- Copia simple del RFC de la empresa
- Copia simple del poder notarial del representante legal
- Copia simple del RFC de la empresa responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental.
- Registro de pólizas ante SEMARNAT-ASEA
- Declaración (por parte de quien elaboró la MIA y el representante legal que promueve la obra, para dar cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental)

En el Anexo 3, se incluyen los documentos del proyecto

- Plano del predio de la Planta Hokchi Paraíso
- Croquis de Instalaciones del proyecto (Marinas y Terrestres)
- Arreglo de equipo Planta Hokchi
- Programa del Proyecto (Onshore Processing)
- Programa del Proyecto (Critical Path)
- Traza ducto marino
- Traza ductos terrestres

VIII.2 Glosario de Términos

Ámbito: espacio incluido dentro de ciertos límites.

Alcance: (Scoping): fase siguiente al Sondeo (screening) en la que se determina la proyección y contenido del análisis de evaluación ambiental a partir de las características de la actividad, la información relevante del medio receptor, consultas a expertos e implicados y la identificación preliminar de los efectos previsibles.

Área de influencia: espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto en el sistema ambiental o región, y que alterará algún elemento ambiental.

Cambio climático: un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que alterara la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Desarrollo sustentable: es el progreso social, económico y político dirigido a satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades; es el mejoramiento de la calidad de vida humana sin sobrepasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan; es un concepto multidimensional que abarca las diversas esferas de la actividad humana: económica, tecnológica, social, política y cultural.

Desequilibrio ecológico grave: alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que pueden ocasionar la destrucción, aislamiento o fragmentación de ecosistemas.

Ecosistema estratégico: es aquel (o aquellos), de los que depende directamente el funcionamiento y el bienestar de la sociedad. Su carácter estratégico deriva de la dependencia que respecto a ellos tienen los procesos básicos de la sociedad.

Ecosistemas ambientalmente sensibles: son aquellos que tienen una muy alta y comprobada sensibilidad del deterioro de las condiciones, por mínimas que éstas sean, de la calidad de su ambiente, derivadas de la introducción de presiones externas.

Entorno: es el área de influencia de un proyecto, plan o programa**.**

Emisiones: se entiende la libración de gases de efecto invernadero o sus precursores en la atmósfera en un área y un periodo de tiempo especificado.

Escenario: descripción integral de una situación en el futuro como consecuencia del pasado y el presente, usualmente como varias alternativas: posibles o probables; es un insumo a la planeación a largo plazo para el diseño de estrategias viables. Su propósito es anticipar el cambio antes de que éste se vuelva abrumador e inmanejable.

Especies amensales: en una relación entre dos especies, aquella que se inhibe mientras la otra no se afecta.

Especies comensales: se trata de aquellas especies que se benefician a costa de otra sin causarle ningún daño ni afectar a esta.

Estudio de impacto ambiental: documento que presenta la información sobre el medio ambiente, las características de la actividad a desarrollar (o proyecto) y la evaluación de sus afectaciones al medio ambiente

Evaluación ambiental: predicción, identificación, caracterización y valoración de los impactos ambientales aunado con el diseño de medidas de prevención, mitigación y compensación.

Evaluación ambiental estratégica: es el proceso sistemático mediante el cual se consideran los impactos ambientales de políticas, planes y programas y cuyos resultados apoyan la toma de decisiones en los niveles iniciales con el objeto de alcanzar un desarrollo sustentable.

Evaluación ambiental regional: es el proceso de establecer las implicaciones ambientales acumulativas a escala regional, de desarrollos multisectoriales durante un cierto periodo y dentro de su entorno.

Gases efecto invernadero: se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y remiten radiación infrarroja.

Homeostasis: es la capacidad de autorregulación y ajuste que tiene el ecosistema para mantener su estructura a lo largo del tiempo y representa el potencial para reaccionar ante influencias externas.

Impactos acumulativos: efecto en el ambiente que resulta de la adición de los impactos que potencialmente puede generar una obra o actividad, con los que ya generaron otras obras sobre el mismo componente ambiental o que actualmente los están generando.

Impacto ambiental: modificación del medio ambiente ocasionada por la acción del hombre.

Impacto ambiental significativo o relevante: aquel que resulta de la acción del hombre, cuyo valor o efecto se acerca al límite de la capacidad de carga de un ecosistema, definida por uno o más de los siguientes parámetros:

- La tasa de renovación de los recursos naturales (por ejemplo, la deforestación que se acerca al límite de renovación natural de una determinada cubierta forestal, la disminución de las áreas de captación hídrica, el tamaño efectivo de una población de especies en estatus, etc.).

- La tasa de compatibilidad regional o de aceptación (por ejemplo, cuando se acerca al límite de los coeficientes de ocupación o de uso del suelo, de integración al paisaje o de los tipos de vegetación, etc.).

- La tasa de asimilación de contaminantes (por ejemplo, la cantidad de efluentes que puede autodepurar un río o un lago).

Impactos indirectos: variedad de impactos o efectos.

Impactos indirectos: variedad de impactos o efectos significativos distintos de los causados de manera directa por un proyecto. Son causados por desarrollos y actividades colaterales desencadenadas por el proyecto cuya magnitud es significativa e incluso mayor que la ocasionada por el proyecto; impactos que son producidos a menudo lejos de la fuente o como resultado de un proceso complejo. A veces se designa como impactos secundarios o terciarios.

Impactos potenciales: posibles modificaciones del medio derivadas de una acción humana proyectada; riesgo de impacto de una actividad humana en marcha o que se derivará de una acción en proyecto, en caso de ser ejecutado. Pueden ser directos, indirectos, acumulativos o sinérgicos.

Impactos residuales: impactos que persisten después de la aplicación de medidas de mitigación.

Impacto ambiental residual: Impacto que persiste después de la aplicación de las medidas de mitigación.

Impactos sinérgicos: aquel que se produce cuando el efecto continuo de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales consideradas aisladamente.

Indicador: la palabra indicador viene del verbo latín *indicare,* que significa mostrar, anunciar, estimar o asignar un precio. Los indicadores son parámetros (por ejemplo, una medida o propiedad observada), o algunos valores derivados de los parámetros (por ejemplo, modelos), que proporcionan información sobre el estado actual de los ecosistemas, así como patrones o tendencias (cambios) en el estado del medio ambiente, en las actividades humanas que afectan o están afectadas por el ambiente o sobre las relaciones entre tales variables.

Indicador de impacto ambiental: expresión cuantificable de un impacto ambiental; variable simple o expresión más o menos compleja que mejor representa la alteración al medio ambiente; elementos del medio ambiente afectado o potencialmente afectado por un agente de cambio, evaluado de manera cuantitativa

Índice: es una agregación de estadísticas y/o de indicadores, que resume a menudo una gran cantidad de información relacionada, usando algún procedimiento sistemático de ponderación, escala y agregado de variables múltiples en un único resumen.
Medidas correctivas: el conjunto de medidas ya sean de prevención, control, mitigación, compensación o restauración.

Medidas de mitigación: conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

Medidas de compensación: conjunto de acciones para contrarrestar el daño causado por un impacto al ecosistema. Por lo general los impactos ambientales que requiere compensación son en su gran mayoría irreversibles. Algunas de las actividades que se incluyen en este tipo de medidas son la repoblación vegetal o la inversión en obras de beneficio al ambiente.

Medida de prevención: son aquellas encaminadas a impedir que un impacto ambiental se presente. Entre ellas se encuentran las actividades de mantenimiento, planes y programas de emergencia y algunas otras medidas encaminadas al mismo fin.

Medio ambiente: sinónimo de ecosistema y compuesto por elementos (estructura) y su funcionamiento (interacciones).

Programa de vigilancia ambiental: consiste en la programación de las medidas, acciones y políticas a seguir para: prevenir, eliminar, reducir y/o compensar los impactos adversos que el proyecto o el conjunto de proyectos pueden provocar en cada fase de su desarrollo.
Región: espacio geográfico ambientalmente homogéneo, resultado de la interacción de sus diversos componentes (bióticos y abióticos), cuya delimitación deriva de la uniformidad y continuidad de los mismos.

Resiliencia: medida de habilidad o capacidad que tiene un ecosistema de absorber estrés ambiental sin cambiar sus patrones ecológicos característicos, esto implica la habilidad del ecosistema para reorganizarse bajo las tensiones ambientales y establecer flujos de energía alternativos para permanecer estable sin perturbaciones severas, sólo con algunas modificaciones menores en su estructura.

Sistema ambiental: Espacio finito definido con base en las interacciones entre los medios abiótico, biótico y socio-económico de la región donde se pretende establecer el proyecto, generalmente formado por un conjunto de ecosistemas **y dentro del cual se aplicará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales y de aprovechamiento.**

Sondeo (Screening): fase de consulta, previa a la Evaluación del Impacto Ambiental, en la que se decide si una actividad debe someterse a al procedimiento de EIA. La decisión comúnmente la determina la autoridad ambiental.

Sustentabilidad: es un estado ideal en el que el crecimiento económico y el desarrollo debieran ocurrir y ser mantenidos en el tiempo dentro los límites impuestos por el ambiente. La sustentabilidad es una visión de futuro y el Desarrollo Sustentable la estrategia para alcanzarla; implica comprender los límites y características de la naturaleza, leyes naturales que los gobiernan; la sustentabilidad se basa en las teorías ecológicas de sustentabilidad natural de los ecosistemas.